www.radio.ru

10•2015

РАДИО

АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ

Радиоприёмник **PL-660** и его доработка



- *Карманный осциллограф*
- *Система визуального программирования для Arduino*
- *Танцевальная платформа*
- *Авиамодельный тахометр*

...и ещё 11 конструкций

10
2015

ISSN-0033-765X
9 770033 765009 15010



"Три кита" телеграфной классики — 2

Валерий ПАХОМОВ (UA3AO), г. Москва

В этом номере мы продолжаем рассказ о механических телеграфных ключах, начатый в августовском номере журнала за этот год. Теперь речь пойдёт о так называемом двухстороннем ключе, который появился раньше виброплекса. Он позволил заметно повысить скорость передачи морзянки по сравнению с обычным ("вертикальным") ключом и облегчить работу оператора — уменьшить нагрузку на его руку. Этот ключ пришёлся "по вкусу" профессиональным радистам и быстро получил распространение во всём мире. Рассказ о нём на основе своей коллекции продолжает Валерий Пахомов (UA3AO).

(см. статью на с. 58)



Один из первых двухсторонних ключей Джесси Баннела.



"Сделано в СССР".



"Сделано в Италии".



"Сделано во Франции".



"Сделано в Японии".

НОВЫЕ ПОРТАТИВНЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ-МУЛЬТИМЕТРЫ СЕРИИ ADS-4000

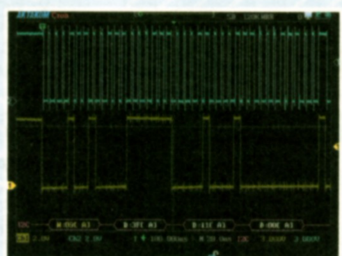


www.aktakom.ru www.aktakom.com



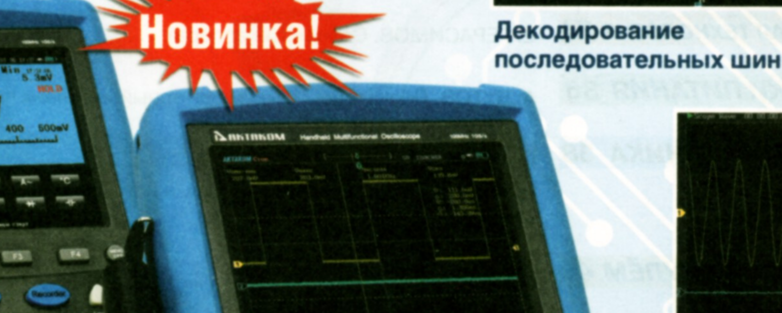


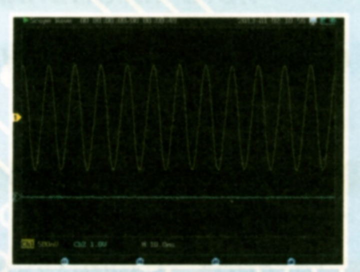
- ✓ 3 прибора в одном
- ✓ Непревзойдённая скорость захвата осциллограмм
- ✓ Русскоязычный интерфейс
- ✓ Изолированные каналы



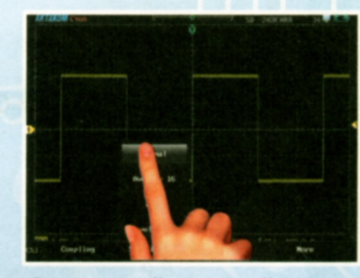
UART/RS232, LIN, CAN, SPI, I²C, MIL-STD-1553B, ARINC429

Декодирование последовательных шин





Регистратор данных



Сенсорный дисплей

	ADS-4072/ADS-4112/ADS-4152/ADS-4202	ADS-4122/ADS-4222	ADS-4132/ADS-4232/ADS-4132D/ADS-4232D
		Функция осциллографа	
Количество каналов	2	2 изолированных	
Полоса пропускания	70 МГц/100 МГц/150 МГц/200 МГц	100 МГц/200 МГц	
Макс. дискретизация		1 Гвыб/с	
Макс. память		240K точек	
Скорость захвата	н/д	> 50 000 осц/с	> 190 000 осц/с
Тип запуска	фронт, импульс, видео, логика, по последовательной шине (UART/RS-232, LIN, CAN, SPI, I²C, MIL-STD-1553B, ARINC429)		
Декодирование посл. шин	–		для моделей с индексом D
		Функция мультиметра	
Измерение	постоянное и переменное напряжение и ток, сопротивление, ёмкость		
	–		температура, отн. влажность, давление (внешний датчик)
		Функция регистратора	
Режимы	осциллограф, мультиметр, запись формы		



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА
www.eliks.ru

В НОМЕРЕ:

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 16, 25, 31, 35, 40, 46, 57, 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Радиоприёмник PL-660 и его доработка (см. статью на с. 19).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:
ДИСТАНЦИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА РАДИОЛЮБИТЕЛЯ
ВЕЛОСПИДОМЕТР НА ARDUINO
КОДОВЫЙ ЗАМОК

Тираж журнала «Радио» № 9 сдан для рассылки подписчикам 04.09.2015 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя —ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 17.09.2015 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 15-09-00268.

Виртуальная нереальность

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Сейчас, когда я сижу здесь и разговариваю с вами, я отличаюсь от вас только сознанием, что я не такой, как вы. Это один из моих уровней... довольно утомительный, кстати. Это даётся мне не без труда, но я-то как раз привык, а большинство из нас от этого уровня уже отвыкло навсегда... Так вот, на этом уровне отличие можно обнаружить только с помощью специальной аппаратуры".

А. и Б. Стругацкие. "Волны гасят ветер"

Рукописи, как известно, не горят в том смысле, что под рукописью понимают замысел сюжета, ещё не уложенный в книгу. Его можно исправить и дополнить, направив по разным вариантам развития событий. Говорят, что все сгенерированные кем-то сюжеты могут реализоваться "вживую" где-нибудь в параллельной реальности. Очевидно, далеко не всем это дано осознать, увидеть или почувствовать, но когда это очень хочется, то можно. Особенно, если это уже позволяет достигнутый уровень технологий. И мы живём как раз в это самое время.

За последнее время термин "виртуальная реальность" (VR — Virtual Reality) попадается на глаза очень часто, и мы, по сути, к нему уже довольно давно привыкли. Однако вряд ли мы хорошо понимаем масштаб внедрения технологии VR в современном обществе. К примеру, сегодня уже можно приобрести очки или шлем виртуальной реальности, о которых уже рассказывалось на страницах журнала, и погрузиться во что-то, казалось бы, реальное, но и нереальное одновременно. Существующий набор технологий виртуальной реальности уже довольно широк и используется сегодня как гражданами, так и самыми разными специалистами для самых разных целей — от изощрённых развлечений и моделирования до обучающих систем и даже психиатрии.

Однако можно взглянуть на всё это и другими глазами, если зайти со стороны теоретической физики, куда относительно недавно пришла идея так называемого Мультиверсума о множестве вселенных, основу для которой заложил в 1956 г. американский физик Хью Эверетт. В этом году он защитил докторскую диссертацию на тему о ветвлении волновых функций, где заявил о том, что свободы воли и права выбора у элементарной частицы действительно нет, а это означает, что в каждый момент времени совершаются не одно, а два или больше действий, допускаемых решениями волновых уравнений, и мироздание расщепляется на две или больше новых составляющих . Иными словами, если в каком-то физическом процессе возможны не один, а два или несколько вариантов развития, то осуществляются в реальности все без исключения. В свою очередь, мы наблюдаем какой-то один вариант, а все другие существуют в других вселенных, куда, очевидно, попасть не так просто. В каждый момент времени наша Вселенная расщепляется, а поскольку событий каждое мгновение происходит великое (в принципе, бесконечное) множество, то и расщепляется наш мир на бесконечное множество почти неотличимых копий, каждая из которых развивается своим собственным путём. И потому на самом деле существует не одна Вселенная, та, что представлена нашему взору и сознанию, а великое множество вселенных. И если в указанных выше рассуждениях есть толика истины, то вполне понятно желание человечества создавать свои новые вселенные с помощью виртуальной реальности. Ведь не секрет, что своим технологическим развитием (в данном случае в части ИКТ) человечество лишь регулярно повторяет то, что давно создано природой, и уже готово поставлять соответствующий контент.

Что касается вхождения виртуальной реальности в нашу жизнь, то появилась она отнюдь не сегодня. В своё время появление аудио- и визуальных средств массовой коммуникации, по сути, обусловило возникновение нового чувственно воспринимаемого мира, существующего наряду с реальным. В этом мире — мире звуковых и экранных образов грамзаписи, кино, телевидения, а позже и Интернета, современный человек проводит значительную часть своей жизни. Одной из первых технологий виртуальной реальности можно считать немое кино. Пока человек наблюдает за событиями на экране или слушает трансляцию концерта, он как бы погружается в Зазеркалье, виртуальную реальность. Иногда это погружение сопровождается желанием погрузиться ещё глубже с помощью аппаратуры Hi-End или 4K. К примеру, звукорежиссёрскими средствами можно как угодно преобразовать первичное акустическое пространство — вплоть до полной неузнаваемости. Подчас даже невозможно определить, где проходила запись и что послужило источником, а обычные музыкальные инструменты легко спутать с электронными.

В 1962 г. кинематографист Мортон Хейлиг для стимулирования чувств зрителей создал специализированную консоль под названием Sensorama, которая включала в себя стереоскопический дисплей, вентиляторы, эмитенты ароматов и движущиеся стулья. Он также изобрёл свой эдакий шлем виртуальной реальности, только человек не полностью погружался в киберпространство, а мог просто смотреть телевизор в формате 3D.

Тогда же инженеры Philco Corporation разработали первый в мире шлем виртуальной реальности, дословно "одеваемый на голову дисплей" (HMD — Head-Mounted Display). Он состоял из экрана и системы слежения, которая была связана с закрытой системой камер, предназначенных в HMD для использования в опасных ситуациях, — пользователь может наблюдать реальную среду дистанционно, регулируя угол камеры простым поворотом головы. Кстати, в Bell Laboratories подобная система HMD была применена для пилотов вертолётов. Работа шлемов была интегрирована с инфракрасными камерами, прикреплёнными к нижней части вертолётов, что позволяло пилотам иметь чёткое поле зрения во время полёта в темноте.

В 1965 г. учёный по имени Иван Сазерленд изобрёл нечто, названное им Ultimate Display. С помощью этого дисплея человек мог заглянуть в виртуальный мир, который выглядел как реальный, физический. Концепция Сазерленда состояла из виртуального мира, который кажется реальным, трёхмерной звуковой системы и тактильных раздражителей, компьютера, который поддерживает модель мира в реальном времени (сегодня сложно представить мощность подобного компьютера в те годы), а также манипулирования виртуальными объектами в реальном мире. В общем, с исторической точки зрения создание VR — это вполне логичный путь развития интерактивного интерфейса системы машина-человек, пришедший на смену диалогу с компьютером посредством текстовой или графической информации. Уже в следующем году Сазерленд создал VR-шлем, который был привязан к компьютерной системе. Компьютер предоставлял всё для дисплея (до этого момента VR-шлемы могли быть интегрированы только с камерами). Он использовал специальную систему подвеса и провёл её к HMD, так как сама конструкция слишком тяжела для комфортного пользования человеком. HMD мог отображать изображения с эффектом стерео, создавая иллюзию глубины, и также отслеживались движения головы пользователя, поэтому поле зрения менялось соответствующим образом. И понеслось...

Со временем подтянулись и теоретики. Что касается самого термина "виртуальное пространство", то в 1984 г. Уильям Гибсон опубликовал научно-фантастический роман "Neuromancer", в котором впервые ввёл понятие киберпространства (cyberspace): "Киберпространство — это согласованная галлюцинация, которую каждый день испытывают миллиарды обычных операторов во всём мире. Это графическое представление банков данных, хранящееся в общемировой сети компьютеров, подключённых к мозгу каждого человека. Невообразимая сложность. Линии света, выстроенные в пространстве мозга, кластеры и созвездия данных". В романе описывалось киберпространство всемирной коммуникационной сети, основанное на прямой "нейросвязи", ведущей от мозга к мозгу. В мозг главных героев вмонтированы электронные устройства и датчики, позволяющие им быть частью компьютерной киберсети — иметь доступ к данным, оперировать ими. После выхода романа Гибсона постепенно киберпространством стали называть пространство, созданное компьютерными системами связи.

Здесь следует заметить, что сегодня учёные-компьютерщики или инженеры стараются избегать слов "виртуальная реальность", даже когда они работают над технологиями, которые напрямую с ней связаны. Сегодня чаще употребляется термин "виртуальная среда" (VE — Virtual Environment), который специалисты используют для обозначения того, что широкая общественность знает как виртуальную реальность. VE — это создание иллюзорного окружения человека с помощью техники, воздействующей на его органы чувств и воспринимающей действия самого человека для имитации ответных действий среды.

В 1987 г. Джарон Ланье ввёл сам термин VR. А уже в 90-х годах средства массовой информации обратили внимание на концепцию VR, подняв шумиху, которая дала людям нереальные ожидания того, на что способны эти технологии. Со временем общественность поняла, что пока ещё VR может слишком мало, и интерес к ней ослаб. Поэтому современные разработчики VE стараются не преувеличивать её возможности. Но и преуменьшать их не стоит. Вот совсем недавно очки виртуальной реальности помогли австралийцу присутствовать при родах супруги несмотря на разделявшие их 4000 км.

Ещё недавно эксперименты по использованию возможностей интерактивной машинной графики и виртуальной реальности напоминали опыты алхимиков и были доступны лишь небольшой группе специалистов, преимущественно учёных и инженеров, которые занимались вопросами автоматизации проектирования, анализа данных, математического моделирования и различными военными технологиями. Современная технология VR/VE — это, в первую очередь, наиболее "навороченное" приложение трёхмерной компьютерной графики и анимации. Концепция VE остаётся той же — с помощью компьютерных технологий создаётся имитация трёхмерного мира, которым пользователь может управлять и исследовать, чувствуя себя как в настоящей реальности. К настоящему времени учёные, теоретики и инженеры разработали десятки устройств и приложений для достижения этой цели. Существуют разные мнения о том, что именно представляет собой "истинный опыт" виртуальной реальности, но в целом она должна включать в себя:

— трёхмерные изображения, которые кажутся в натуральную величину с точки зрения пользователя;

— возможность отслеживать движения пользователя и соответственно корректировать изображение на дисплее пользователя, чтобы отразить изменения в перспективе.

Иными словами, полноценная VR/VE-система отвечает на действия пользователя (т. е. обладает интерактивностью) и представляет в реальном времени виртуальный мир в виде трёхмерной графики и создаёт эффект "погружения".

На сегодня существуют несколько разновидностей массовых VR-систем. Прежде всего, это кабинные симуляторы (cab simulators), вышедшие из автомобильных и авиатренажёров. Севший в их кабину пользователь видит перед собой дисплей компьютера, на котором изображены некие ландшафты, меняющиеся в зависимости от положения органов управления.

Системы искусственной реальности (artificial, projected reality) породили, в частности, технологию виртуальных студий, при которой изображение на экране телевизора в реальном времени складывается из видеозаписей участников передачи (реально находящихся в пустой студии) и трёхмерных изображений, которые компьютер генерирует и соединяет с видеозаписью.

В системах "расширенной" реальности (augmented reality) изображение на экране дисплея прозрачно, так что пользователь видит одновременно и своё реальное окружение, и виртуальные объекты, генерируемые компьютером на экране.

Системы телеприсутствия (telepresence) используют видеокамеры и микрофоны для "погружения" в виртуальное окружение пользователя, который либо смотрит в дисплей шлема, соединённый с подвижной камерой на плат-



форме, либо орудует джойстиком без шлема. Подобная система была установлена на марсоходе "Pathfinder".

Настольные VR-системы (desktop VR) представляют VR с помощью больших мониторов или проекторов, представляя собой хороший инструмент бизнес-презентаций, поскольку вместо шлема здесь нужен джойстик, мышь или шаровой манипулятор, с помощью которых пользователь может повернуть трёхмерную модель на мониторе на все 360°. К примеру, с помощью такой системы легко показать модель будущего здания или проект корабля.

Визуально согласованный дисплей (visually coupled display) размещается прямо перед глазами пользователя и изменяет картинку согласно движениям его головы. Он снабжён стереофоническими головными телефонами и системой отслеживания направления взгляда и фокусирует изображение, на которое направлено внимание пользователя.

Непосредственно для работы с пользователем создаются шлемы или очки виртуальной реальности, одев которые человек видит виртуальный мир. Это главное отличие очков виртуальной реальности от очков дополненной реальности. Системы отслеживания движения глаз (eye tracking) отслеживают движение зрачков и могут определить, куда именно смотрит человек. Сегодня такие системы практически не представлены на рынке потребительских товаров, но они уже активно используются в науке и медицине для изучения поведения человека. Системы отслеживания движения тела (motion camture/motion tracking) следят за тем, как двигается тело человека. Управляемый персонаж в виртуальном мире обычно повторяет эти движения. При этом используются два основных подхода. Первый — на человека крепят датчики, и компьютер отслеживает их перемещение в пространстве. Это дорогая технология используется для съёмки фильмов, где актёр играет не себя, а специального компьютерного персонажа, для создания 3D-игр и т. п. Второй — это более дешёвая технология, основанная на распознавании образов. Человека снимает специальная видеокамера и распознаёт, что он сделал: махнул рукой или, например, подпрыгнул. Перчатки виртуальной реальности (Wired Gloves) отслеживают движение кистей рук и пальцев. Практически в любом фантастическом фильме, изображающем технологии будущего или виртуальную реальность, герои манипулируют компьютерами непосредственно своими руками. Прямо в воздухе берут и перемещают объекты, печатают на виртуальной клавиатуре и т. д. Устройства с обратной связью широко известны ещё с 90-х годов. К ним относятся вибрирующие джойстики, рули с обратной связью и трясущиеся, вращающиеся кресла, которые можно встретить в центрах развлечений. Стереоэкран, кстати, тоже является атрибутом VE.

Интересно, что стерео или 3D-кинотеатры — очень старое изобретение. К примеру, первый в России стереокинотеатр был открыт ещё в 1911 г., а настоящую популярность технология получила только спустя 100 лет, когда значительную часть фильмов стали снимать в формате 3D. Современная индустрия развлечений развивается очень быстро. Не успели мы по достоинству оценить 3D-кино, как появилось 4D, а вслед за ним и 5D. Всё началось с имитации поездки на реальном аттракционе в условиях "обычного" кинотеатра. На видеокамеру была заснята поездка на реальных американских горках. Однако при её просмотре на экране полнота ощущений не чувствовалась, и тогда инженеры решили добавить реальные динамические эффекты. Зрительские кресла были установлены на подвижные платформы, движение кресел синхронизировалось с видео и имитировало реальные движения. Так появился эффект присутствия. В дальнейшем развитие этой технологии происходило только лишь за счёт увеличения степени свободы движения кресел. Они двигались вперёд, назад, влево, вправо, а также наклонялись под разными углами. Со временем такие кинотеатры стали не только стационарными, но и мобильными. Так как многие парки аттракционов имеют сезонный характер, 4D-кинотеатры стали выпускать в прицепах для грузовиков.

Настоящий прорыв в развитии 4D произошёл в эру цифровых технологий. Благодаря компьютерной графике полёт в космос или путешествие на дно океана позволило зрителям получить больше ощущений по сравнению с привычными поездками на гоночной машине и полётами в облаках на самолёте. Кроме того, развитие видеотехники позволило улучшить качество 3D-изображения. Во многих кинотеатрах использовался не один, а несколько экранов, которые устанавливались по периметру, а иногда на потолке и на полу.

Что же касается 5D-кинотеатра, то это ни что иное как новый виток в развитии видеоаттракционов. К знакомым нам 3D-эффектам и подвижным креслам там были добавлены тактильные ощущения. В новом формате в кресла встраиваются дополнительные динамики, вентиляторы, парогенераторы и форсунки. Всё это имитирует реальную атмосферу. Туман, дождь, запахи дикой природы, брызги крови, дыхание зверя за спиной и ураганный ветер. Это воздействует на все органы чувств, добавляя зрителям реалистичности в происходящие события. Более того, уже сравнительно давно учёные открыли способ, который позволяет человеку испытать в лабораторных условиях ощущение выхода из собственного тела. С помощью видеокамер, шлемов виртуальной реальности и тактильных стимуляторов независимые группы исследователей из колледжа Лондонского университета и Швейцарского федерального технологического института в Лозанне смогли вызвать у здоровых добровольцев иллюзию того, что они смотрят на себя из другой части комнаты.

Испытуемый видел высококачественное стереоизображение с камер, которые показывали его же с расстояния в пару метров. Камера снимала человека со спины, и доброволец видел своё виртуальное тело со спины. Когда же к виртуальному телу прикасались, доброволец также ощущал прикосновения, хотя к его коже никто не притрагивался. Психофизиологам ещё только предстоит объяснить такое поведение человеческого мозга, благодаря которому человеку удаётся ощущать прикосновение к своему виртуальному двойнику. Это, без сомнения, поможет усовершенствовать системы виртуальной реальности настолько, что вымышленные ощущения совершенно перестанут отличаться от настоящих. И если удастся поместить человека "внутрь" созданного компьютером 3D-персонажа, это откроет новые возможности для развития систем виртуальной реальности. Те же видеоигры выйдут на качественно иной уровень.

Пару лет назад крупный поставщик Пентагона компания Raytheon смонтировала в Техасе полноценный боевой тренажёр Raytheon 3D VIRTSIM, который погружает бойцов в виртуальную реальность и сочетает в себе гражданские технологии видеоигр-стрелялок и специально разработанные технологии трансляции движений человека в виртуальную среду. Raytheon 3D VIRTSIM представляет собой набор из ПО, 3D-очков виртуальной реальности и инфракрасных излучателей, крепящихся на теле и оружии обучаемых. 84 видеокамеры, считывающие движения датчиков и превращающие их в движения виртуальных персонажей, устанавливаются по периметру ангара, где происходит всё действие. Особенностью системы является использование множества инфракрасных маркеров, которые транслируют перемещение бойца и оружия в виртуальную реальность, что позволит военным и сотрудникам спецслужб тренироваться полным составом подразделения без риска, например, получить реальную пулю в спину от неопытного новобранца.

На компьютере из тренировочного помещения можно создать любой объект: от небольшой горной деревни до огромного промышленного комплекса вроде АЭС. Это позволяет быстро готовить армейский спецназ к действиям на конкретном объекте. Кроме того, появляется безопасная возможность прогнать новобранцев через сложную обстановку виртуального боя с плотным огнём противника, непереносимым грохотом стрельбы и т. д. Инструктор со своего компьютера может полностью контролировать и даже менять сюжеты в виртуальной реальности — вводить в игру новых противников, запирать двери, обрушивать стены, гасить свет и т. д.

В США учёные придумали способ лечить виртуальной реальностью различные фобии. Подобная "терапия" подразумевает создание виртуальных условий, которые повторяют страх человека: виртуальную грозу для тех, кто

боится стихии, виртуальный самолёт для тех, кто боится летать. Психолог сначала создаёт такую ситуацию, а потом показывает пациенту пути выхода из состояния неконтролируемого страха.

У каждой медали две стороны. Благодаря технологиям VE виртуальные миры и путешествия уже давно перестали быть научной фантастикой. По мнению некоторых авторитетных экспертов и футурологов, виртуальные миры уже в самом ближайшем будущем могут прийти на смену сегодняшним социальным сетям и даже коренным образом изменить принципы взаимодействия пользователей с Интернетом и между собой. С другой стороны, телевидение и компьютеры, предлагая свой визуальный виртуальный мир, отучают людей думать. Кроме того, виртуальный мир, предлагаемый телевидением и компьютерными играми, сверх всякой меры насыщен насилием. Более того, с помощью VR появляется возможность воздействовать на подсознание людей, и кое-кто этим пользуется. В итоге мы видим реальное разъединение людей, тогда как нашу цивилизацию построило как раз их объединение. Да и куда проще сидеть перед телевизором или путешествовать по виртуальному городу, чем кудато идти самому. Особенно это заметно на детях.

Ребёнок до десяти лет должен развиваться физически, в игре или движении. После десятилетнего рубежа силы организма концентрируются на развитии обмена веществ, сердца, лёгких, других важных органов. И только после 14 лет акцент смещается на духовность. А тут всё это время дети прикованы к монитору и статичны. Вместо положенного в этом возрасте физического прогресса идёт интеллектуальная нагрузка — в итоге современные дети рано стареют и в 13—14 лет у них появляются вполне "старческие" заболевания. В наше время в десять лет ребёнок может владеть тремя языками, компьютерным программированием и опытом существования в виртуальной реальности, но не проходит банальный тест на физическое развитие и опыт общения в реальности настоящей. И эти люди однажды примут на себя весь груз современной цивилизации? За что боролись?

Быть может, заскакивая вперёд и пытаясь в очередной раз повторить природу в части создания параллельных вселенных, человечество на собственном опыте убедится, что жизнь в этой вселенной дана им именно для жизни в этой вселенной. Остальное же будет после... Хотя, с другой стороны, во всех эвереттовских вселенных когда-нибудь будут выполнены все предсказания всех пророков и будут осуществлены все события, которые в нашем мире не произошли. А может, это и хорошо? Пусть это останется там...

По материалам ***3DNews.ru, Newsru.com, The Times, РИА "Новости", CNET, CNews, РБК Daily***.

Головные электростатические телефоны

В. БОНДАРЕНКО, г. Братск Иркутской обл.

Пакет с мембраной готов (**рис. 9**), и теперь можно оценить частоту резонанса мембраны точнее. Ситуация упрощается, если уже есть готовый усилитель для электростатических ГТ. В дополнение к нему понадобится генератор звуковых частот и микрофон. В противном случае можно воспользоваться обычным УМЗЧ и трансформатором из сетевого адаптера (12 В, 1 А), включив его в качестве повышающего (Т1 на **рис. 10**). При этом напряжение поляризации удобно получить из звукового сигнала.



Рис. 9

Рис. 10

УМЗЧ (А1) должен обеспечивать выходное напряжение до 10 В на нагрузке 4 Ом. Диоды VD1, VD2 могут быть любого типа на рабочее напряжение не менее 400 В. А2 — микрофонный усилитель. В качестве микрофона ВМ1 хорошо подходит МКЭ-3. В этой связи можно воспользоваться материалом, изложенным в [5], где на базе такого микрофона представлен простой и универсальный измеритель акустического поля.

Сам процесс измерения предельно прост. Расположив излучатель так, чтобы не мешало влияние близкорасположенных предметов, и изменяя частоту генератора в интервале 20...200 Гц, найти то её значение, при котором выходной сигнал микрофона максимален. При этом регулировками генератора или усилителя следует установить оптимальный уровень сигнала на выходе УМЗЧ. Настройку допустимо делать на слух по возросшей громкости и искажениям сигнала, точность при этом вполне приемлема. Как уже было сказано выше, частота резонанса должна быть в интервале 100...150 Гц. Если это не так, следует открутить винты, разъединить НЭ и, воспользовавшись ацетоном, подтянуть или ослабить мембрану. Для мембраны больших размеров лучше выбрать верхнее значение частоты резонанса.

Конечно, добиться при этом постоянства натяжения мембраны в процессе эксплуатации невозможно. Оно будет меняться, прежде всего, от температуры воздуха и в результате "прогрева" телефонов при длительной работе на большой громкости. Нельзя исключать и естественную деформацию плёнки. При этом субъективно оценить влияние этого фактора на звучание ГТ довольно сложно.

На этом процесс изготовления излучателей можно считать законченным. Следует лишь к обеим их сторонам приклеить акустически прозрачную пылезащитную ткань из серии трикотажных подкладочных или эластичных синтетических материалов. При этом надо иметь в виду, что даже незначительное акустическое сопротивление ткани на внешней стороне излучателя приводит к изменению звучания телефонов. По этой причине эту часть работы целесообразно всё-таки перенести на этап настройки ГТ и уже по месту подобрать ткань. Лучшие результаты дают акустически прозрачные материалы с минимальной ворсистостью (вуаль).

Повторяемость таких самодельных излучателей при условии аккуратной сборки достаточно высока — рассогласование их АЧХ в полосе частот 50...10000 Гц обычно не превышает 2...3 дБ.

Следующим этапом является создание собственно головных телефонов, т. е. конструктивного оформления для изготовленных излучателей. Иногда при этом удаётся использовать детали от старых, неисправных телефонов, и здесь есть широкое поле для творчества. Принципиальным вопросом является только выбор типа акустического

Окончание. Начало см. в "Радио", 2015, № 9

тел. 608-83-05 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

оформления. В предлагаемой конструкции применено традиционное для электростатических ГТ оформление открытого типа, когда внешние стороны телефонов излучают звук в открытое пространство. Достоинства и недостатки такого решения хорошо известны: относительная простота изготовления, минимум интерференционных явлений, связанных с переотражением звуков от стенок корпуса, минимум паразитных призвуков. Но при этом полное отсутствие шумоизоляции требует и соответствующих условий прослушивания. Однако считается, что открытое


Рис. 11

оформление придаёт звучанию более реалистичный характер. Фотография этих ГТ показана на **рис. 11**.

Конструкция предлагаемых телефонов, помимо уже изготовленных излучателей, содержит четыре основных компонента: несущее основание (дека) с установочными элементами, амбушюры, оголовье и кабель. Сборочный чертёж с компоновкой деталей на деке показан на **рис. 12**. Излучатель 1 уложен во внутренний ступенчатый вырез деки 2 и фиксируется прижимной планкой 4 с помощью четырёх шурупов-саморезов, которые вкручивают в планку с внешней стороны деки (4 отверстия диаметром 2 мм на **рис. 13**). Упругая прокладка 3, установленная между излучателем и прижимной планкой, позволяет надёжно зафиксировать излучатель, обеспечивая при этом герметичность стыка планки с излучателем и декой. Рамка 6, ограничивающая перфорированную область излучателя и установленная на пластине планки, образует жёсткие стенки полости амбушюра, обеспечивая постоянство её формы, объёма и герметичность. Сами же амбушюры 5 насажены на рамку и приклеены к прижимной планке, составляя с ней единый конструктивный элемент. Такая конструкция ГТ обеспечивает лёгкий доступ к излучателям.

Рис. 12

Дека (рис. 13) выполнена из твёрдого (поплавочного) пенопласта. Такой материал обладает малой собственной звучностью, легко поддаётся механической обработке и окрашенный аэрозольной краской имеет привлекательный внешний вид. Возможно применение пластмасс, но это утяжелит конструкцию. Ступенчатый вырез под излучатель выполняется фрезерованием. Эту деталь можно составить из двух пластин пенопласта толщиной 5 мм каждая, склеенных эпоксидным клеем. В этом случае окна в каждой пластине до их склеивания можно вырезать обычным резаком. Глубина большего выреза соответствует толщине излучателя и при необходимости должна быть скорректирована. Для увеличения жёсткости деки по сторонам её окна следует вклеить эпоксидным клеем полоски из стеклотекстолита или гетинакса толщиной 1 мм и шириной 5 мм (по глубине большого окна). На рисунке они показаны утолщённой линией. В нижней части деки выполнен вырез шириной 10 мм. Он предназначен для укладки плоского кабеля (шлейфа). Закрепить кабель можно с помощью миниатюрных саморезов так, как это показано на **рис. 14**. Пластмассовые втулки предназначены для установки в них проволочных дужек оголовья; их вклеивают в отверстия деки. В предлагаемом варианте пластиковая дуга оголовья применена от ГТ промышленного изготовления, а дужки выполнены из стальной проволоки диаметром 2 мм и одеты в полихлорвиниловые трубки. Конструкция оголовья максимально проста (см. рис. 11) и в подробных пояснениях не нуждается. При этом излучатели могут поворачиваться как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, что позволяет удобно расположить телефоны на голове слушателя. Регулировка по высоте отсутствует, что является недостатком, хотя для такого размера окна её отсутствие и не столь значимо. Заметим, что амбушюры должны плотно прилегать к голове, и при довольно большой площади их рабочей поверхности требуется достаточная упругость оголовья. В данном

Рис. 13

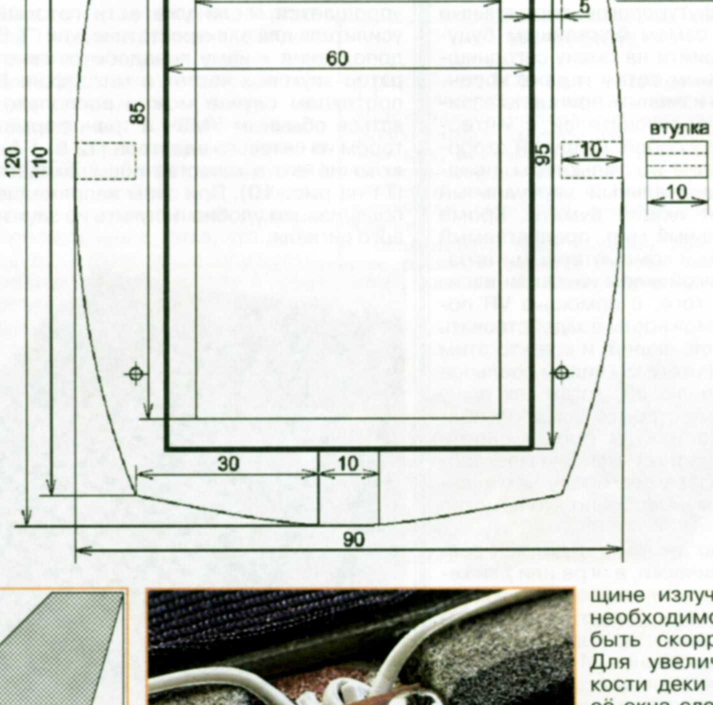


Рис. 14

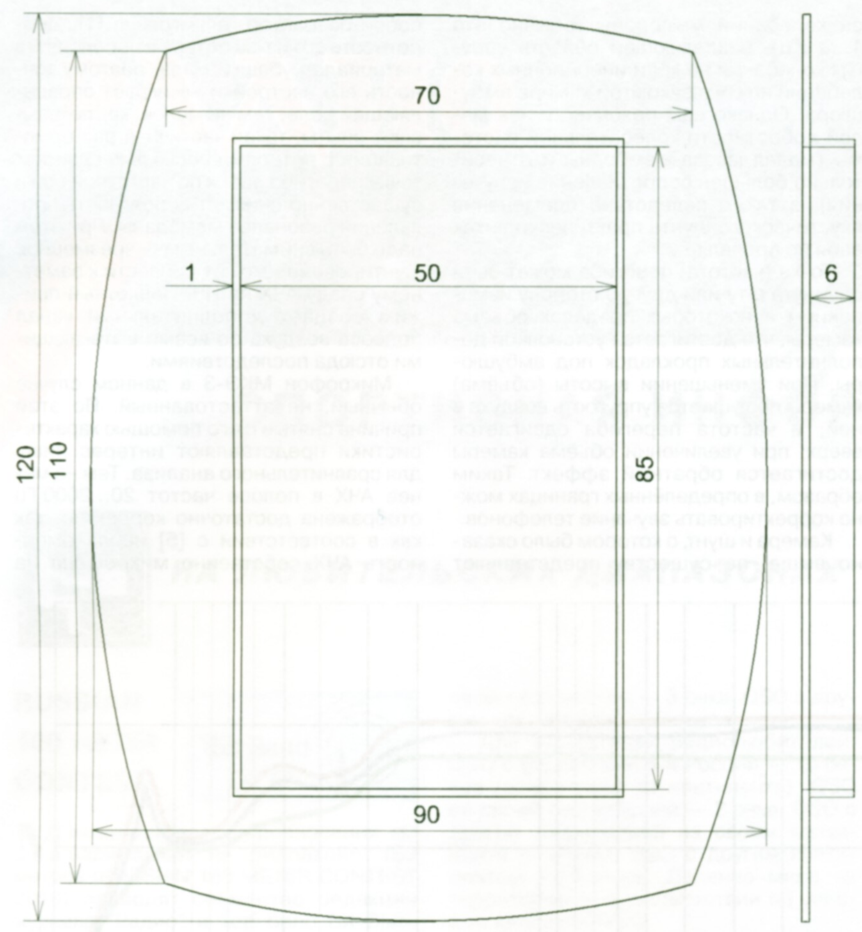


Рис. 15

случае оголовье усилено двумя стальными проволоками, установленными в его внутренней полости.

Прижимная планка (**рис. 15**) выполнена из винипласта толщиной 1 мм. Из него же выполнена и рамка, её легко согнуть на оправке с помощью нагретого паяльника. Такой материал, как правило, в достаточном количестве остаётся после установки пластиковых окон. Рамку приклеивают к прижимной планке "секундным" клеем. Важно при этом обеспечить герметичность стыка по всему периметру. Лучше всего вначале приклеить рамку к пластине прижима, а затем уже по месту вырезать окно. На чертеже не указаны отверстия под шурупы-саморезы. Их прокалывают тонким шилом по месту (через отверстия в деке) при сборке конструкции. В качестве материала прокладки хорошо подходит пенополиэтилен толщиной 1...2 мм. Толщина, форма и число прокладок подбираются по месту в зависимости от того, насколько глубоко утоплен излучатель в вырез деки. Но лучше, когда плоскость излучателя оказывается заподлицо с плоскостью деки.

К изготовлению амбушюров следует отнестись со всей ответственностью, поскольку от конструкции и качества их исполнения зависит как комфортность прослушивания, так и субъективное восприятие АЧХ телефонов.

Изготовить амбушюры можно следующим образом. Из листа поролона толщиной 30 мм сделать прямоугольные заготовки размерами 150×110 мм, а в центральной части вырезать сквозные отверстия размерами 85×50 мм. Внешние прямые углы скруглить (**рис. 16**). Какой поролон выбрать? Абсолютных доводов в пользу того или иного варианта нет. Крупноячеистый жёсткий поролон лучше держит форму, мягкий же, как правило, обладает повышенным акустическим сопротивлением, что тоже может оказаться полезным. Сторону, которая будет приклеиваться к прижимной планке, оставить как есть, а вот другую, которая будет прилегать к голове, ножницами выстричь так, чтобы она оказалась вогнутой по форме головы слушателя (см. рис. 11, 12, 16). Такое решение позволит более равномерно распределить давление, создаваемое амбушюрами. Высота по периметру внутреннего выреза должна составлять 10...12 мм, что обеспечит зазор между верхней кромкой рамки и головой слушателя 4...6 мм. Этим исключается надавливание рамки на голову. Далее для амбушюров сшивают рубашки, как это показано на **рис. 17**. Подробное описание этой части работы приводить не имеет смысла, поскольку здесь многое зависит от портновских навыков и наличия швейной машинки. Рубашка сшита из трёх отдельных частей, швами вовнутрь. Верхняя, прилегающая к голове слушателя часть выполнена из бархата (велюра) (см. рис. 16). Ширина этой части амбушюра — около 25...30 мм, что обеспечивает минимальный подсос воздуха. Материал внешней части рубашки акустически непрозрачен. Это может быть синтетика или искусственная кожа. Лучше, если материал будет эластичным. А вот внутренняя часть рубашки, образующая вместе с рамкой стенки камеры, выполнена из акустически полупрозрачной ткани, что исключает герметичность камеры. Это акустическое шунтирование позволило ослабить довольно неприятный эффект, когда в силу высокой степени компрессии в камере и вследствие большой гибкости подвеса мембраны даже незначительные манипуляции с телефонами на голове приводят к существенным смещениям мембран излучателей, вплоть до касания их с НЭ, что весьма нежелательно. Другая задача, которую выполняет такой "шунт", — это нейтрализация резонанса колебаний мембраны. Степень такого акустического шунтирования зависит как от материала рубашки и её ширины по периметру камеры, так и от плотности поролона. К сожалению, здесь трудно дать точные количественные характеристики, а результат можно увидеть только при измерении АЧХ или оценивая звучание на слух. По этой причине не следует до окончания настройки основательно приклеивать амбушюры к прижимной планке.



Рис. 16



Рис. 17

Заметим, что внутренние вырезы в амбушюрах довольно велики, что может создавать ощущение дискомфорта. Простым и при этом радикальным решением проблемы может быть установка по внутреннему периметру рамки поролонового кольца шириной 5...8 мм и высотой 8...10 мм (размеры подбирают по месту) как частичного заполнителя пустоты.

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®
ЗВУКОТЕХНИКА

Средняя чувствительность изготовленных ГТ в полосе частот 20...2000 Гц при подаче на вход дифференциального напряжения 100 $В_{скз}$ ориентировочно составила 93...96 дБ. Оценка сделана по отношению к ГТ ТДС-7 (звуковое давление 1 Па или 94 дБ при $Р_{вх} \leq 2$ мВт) и Sennheiser HD 180 (108 дБ при $U_{вх} = 1$ В). В качестве измерительного микрофона применён измеритель акустического поля на базе МКЭ-3 [5]. Применение "эталонов" для сравнения обусловлено значительным разбросом собственной чувствительности микрофонов указанного типа до 14 дБ. Микрофон впрессован заподлицо в плоскую панель из толстого картона и плотно прижат к поверхности амбушюра. Таким же образом измерялись АЧХ телефонов (**рис. 18**). Красным и синим цветами обозначены соответственно АЧХ правого и левого каналов. Всплеск характеристики на ВЧ обусловлен интерференцией прямого и отражённого от панели сигнала, когда высота камеры становится соизмеримой с λ/2. Переходная характеристика телефонов при воздействии сигнала прямоугольной формы длительностью 2,5 мс показана на **рис. 19**.

Методика подобных измерений и интерпретация их результатов подробно изложена в [6]. Основной смысл заключается в том, что АЧХ головных телефонов, относительно равномерная на НЧ и СЧ при таком способе её измерения, должна иметь некоторый спад на ВЧ. Такое требование обусловлено особенностями нашего слуха, когда источник звука расположен в непосредственной близости от слухового прохода. Перегиб АЧХ, после которого и происходит её спад, находится на частоте резонанса колебаний мембраны (обычно это 1...3 кГц), разделяющей область упругих колебаний на НЧ и инерционных колебаний на ВЧ в закрытой камере амбушюра. Однако сам резонанс из-за малой добротности колебательной системы (малая масса мембраны и относительно большое сопротивление излучения), а также вследствие применения акустического шунта практически никак себя не проявляет.

Точка (частота) перегиба может быть сдвинута в ту или другую сторону изменением в некоторых пределах объёма камеры, что достигается установкой дополнительных прокладок под амбушюры. При уменьшении высоты (объёма) камеры повышается упругость воздуха в ней, и частота перегиба сдвигается вверх; при увеличении объёма камеры достигается обратный эффект. Таким образом, в определённых границах можно корректировать звучание телефонов.

Камера и шунт, о котором было сказано выше, по существу представляют собой резонатор Гельмгольца [1]. Добротность его из-за потерь в поролоне и в материале рубашки мала, поэтому точность его настройки не играет определяющей роли. Тем не менее, как показывают опыты, такая частичная разгерметизация с потерями несколько сдвигает точку перегиба вверх по частотной оси и существенно снижает вероятность проявления резонанса мембраны. При этом надо быть внимательным — чрезмерное шунтирование может привести к заметному спаду АЧХ на НЧ. Неплотный прижим создаёт дополнительный канал подсоса воздуха со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Микрофон МКЭ-3 в данном случае обычный, не аттестованный. По этой причине снятые с его помощью характеристики представляют интерес лишь для сравнительного анализа. Тем не менее АЧХ в полосе частот 20...2000 Гц отображена достаточно корректно, так как в соответствии с [5] неравномерность АЧХ собственно микрофона на этом участке не превышает 3 дБ. Сравнение характеристик микрофонов указанного типа разных лет выпуска тому подтверждение. А вот участок АЧХ от 12 до 20 кГц весьма условен в силу существенного снижения чувствительности микрофона. Однако хорошо известно, что качественный потенциал электростатических излучателей на ЗЧ довольно высок, и верхняя частота воспроизведения может достигать десятков килогерц (область УЗЧ). Причём неравномерность АЧХ в этой части полосы, в отличие от средних частот, не играет определяющей роли. Вместе с тем, при таком способе измерения АЧХ не учитываются реальные условия, когда ушная раковина оказывает иное влияние на работу мембраны, чем плоская панель. По этой причине только прослушивание фонограмм может дать окончательную оценку проделанной работе.

Улучшить линейность АЧХ и существенно ослабить интерференционные всплески можно с помощью простого акустического буфера (назовём его так), чертёж которого показан на **рис. 20**. Буфер выполнен из плотного драпа толщиной 2 мм. Отверстия пробиваются пробойником, выполненным из тонкостенной металлической трубки диаметром 6 мм. С обеих сторон пластина из драпа оклеивается акустически прозрачным гладким материалом. Это позволяет избежать раздражения кожи

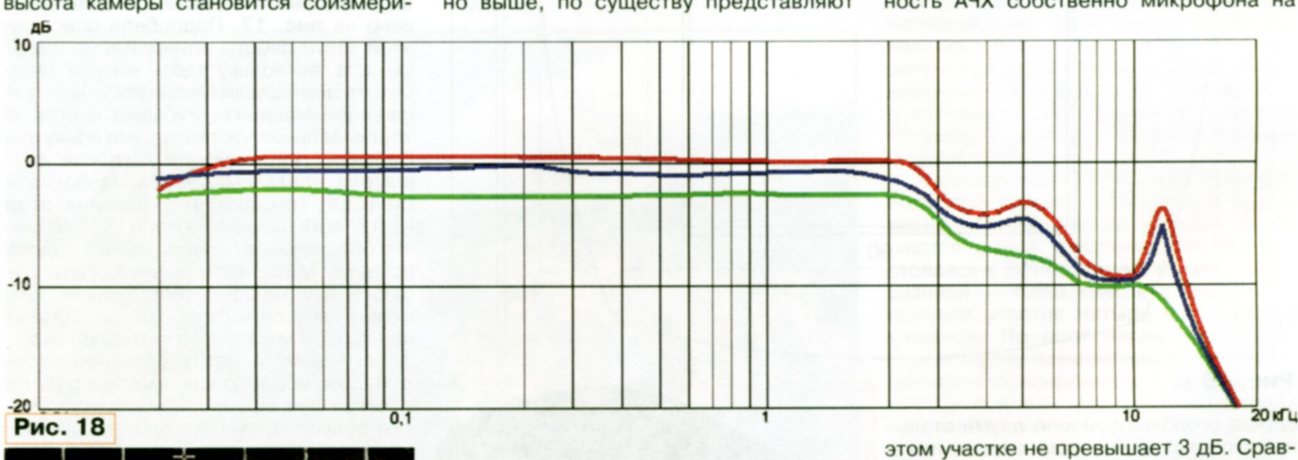
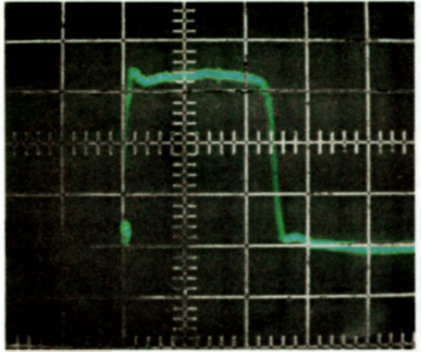


Рис. 18


Рис. 19

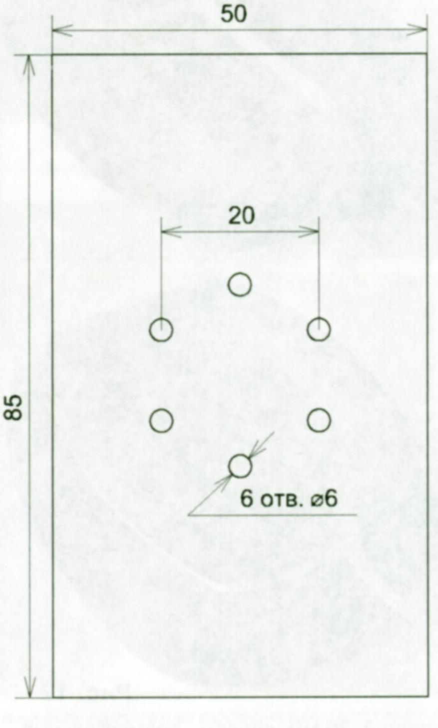


Рис. 20

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 608-83-05

ушей, которые в этом случае соприкасаются с пластиной, и препятствует попаданию ворса драпа на мембрану. Для этого хорошо подходит портновский флизелин на основе целлюлозы с собственной клеевой основой. Пластина устанавливается в рамку амбушюра и удерживается там за счёт силы трения. Помимо своего основного назначения, буфер оказывает дополнительное демпфирование колебаний мембраны, снижая амплитуду смещения мембраны при перепадах давления внутри камеры. АЧХ телефонов с буфером показана зелёным цветом на рис. 18. Недостатком такого решения является снижение чувствительности ГТ.

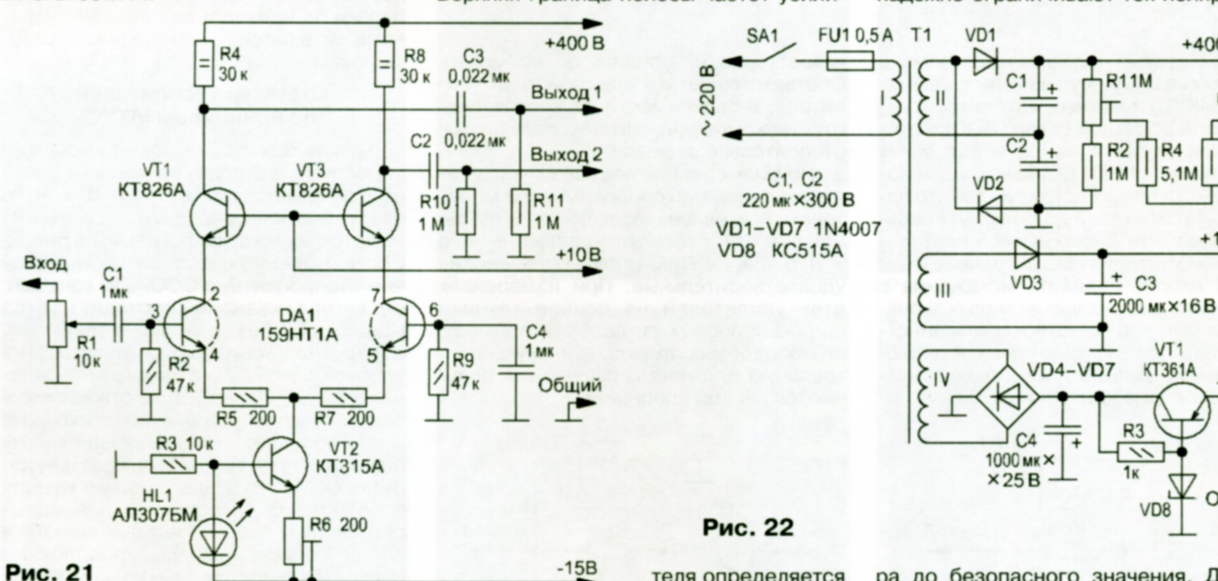


Рис. 21

Рис. 22

Для электростатических телефонов потребуется специальный высоковольтный усилитель, и здесь нет никаких ограничений на его выбор. Вариантов вполне достаточно. На просторах Интернета без особого труда можно отыскать схемы усилителей, начиная от фирменных Stax до схем вполне приличных самоделок. Практическая реализация таких устройств обычно базируется на схемотехнике дифференциальных усилителей, что обусловлено симметричной структурой излучателя. При некоторых допущениях на начальном этапе может подойти одиночный дифференциальный каскад в транзисторном или ламповом исполнении. При этом высокая линейность передаточной характеристики дифференциального усилителя [7] позволяет реализовать короткий тракт усиления. Схемы одного из каналов транзисторного усилителя и источника питания для него показаны на **рис. 21** и **рис. 22** соответственно.

Основу усилителя составляет дифференциальный каскад с каскодной структурой на транзисторах VT1, VT3 и сборке DA1. Применение в качестве DA1 однокристальной сборки позволило минимизировать разбаланс плеч и его температурный дрейф. Резистором R6 в источнике тока устанавливают симметричное ограничение синусоидального сигнала на коллекторах транзисторов VT1 и VT3. Чувствительность усилителя равна 1 В при выходном дифференциальном напряжении сигнала 100 $В_{скз}$. Моделирование усилителя в Микрокап 8 позволило сделать вывод, что уровень третьей гармоники на частоте 1 кГц при номинальной чувствительности не превышает 0,1 %. Значения нелинейности того же порядка дают и экспериментальные измерения. Спектральные составляющие более высокого порядка имеют существенно меньшие значения и не оказывают влияния на конечный результат. Уровень же чётных гармоник и наибольшей из них — второй — зависит от подавления синфазного сигнала усилителя, т. е. от симметрии плеч. Верхняя граница полосы частот усилителя определяется главным образом частотой среза ФНЧ, образованного резисторами R4, R8 и суммарной ёмкостью излучателя и кабеля. При указанных на схеме номиналах резисторов и ёмкости нагрузки 100 пФ её значение оказалось равным 22 кГц по уровню –3 дБ. Усилитель получает питание от однополярного высоковольтного источника. По этой причине на его выходе установлены разделительные конденсаторы C2 и C3, в качестве которых рекомендуется использовать бумажные или металлобумажные конденсаторы групп К40 и К42 на номинальное напряжение не менее 630 В. Конденсаторы C1 и C4, установленные в низковольтных цепях, могут быть МБМ на 160 В. Транзисторы VT1 и VT3 (корпус ТО-3) работают без дополнительного теплоотвода при условии обеспечения нормальных условий для естественной конвекции.

Источник питания не имеет каких-либо особенностей и в подробных пояснениях не нуждается. Следует лишь отметить наличие регулировки напряжения поляризации (R1), что на практике, как уже было отмечено, бывает весьма полезно. В качестве R1 можно применить переменный резистор СП4-1А или высоковольтный подстроечный резистор СП3-39. Трансформатор T1 выполнен на броневом магнитопроводе ШЛ16×20. Обмотка I содержит 2370 витков провода ПЭВ-2 0,18, обмотка II — 1960 витков ПЭВ-2 0,18, обмотка III — 100 витков ПЭВ-2 0,1, обмотка IV — 200 витков ПЭВ-2 0,18. Требования к межобмоточной и межслойной изоляции стандартны.

Следует позаботиться о правильной фазировке излучателей в ГТ. Открытое оформление существенно упрощает такую проверку: достаточно в процессе прослушивания повернуть один из излучателей наружной стороной к уху и сравнить результат.

Коротко об электробезопасности. Постоянное напряжение источника питания по цепи 400 В развязано от НЭ конденсаторами C2 и C3. Резисторы R4 и R5 с общим сопротивлением 10 МОм, установленные в источнике питания, надёжно ограничивают ток поляризатора до безопасного значения. Дифференциальное напряжение сигнала на НЭ может достигать 200 В, и это надо учитывать особенно при доводке АЧХ телефонов. В собранном же виде точки подпайки кабеля к излучателю изолированы от головы слушателя диэлектрической прижимной планкой и амбушюрами.

Несколько слов о самом кабеле. Хороший результат даёт применение плоского ленточного кабеля, когда между сигнальными проводами остаются неподключённые (свободные). Этим повышается электрическая прочность кабеля и снижается его ёмкость, которая входит в общую ёмкость нагрузки, что облегчает работу усилителя. Оптимальная длина кабеля — 1,5 м. В качестве разъёмного соединителя можно применить приборно-кабельную пару серии РМ (7-контактную) на рабочее напряжение 560 В. Но как показывает практика, в комнатных условиях успешно справляются со своей задачей и миниатюрные разъёмы серии РС (см. рис. 11) с рабочим напряжением 200 В.

ЛИТЕРАТУРА

5. **Филатов К.** Измерение электроакустических характеристик громкоговорителей. — Радио, 2005, № 6, с. 16—19.

6. Сравнительные тесты. Наушники. Альтернативный Hi-Fi. - "Стерео и Видео", 2004, май, с. 78.

7. **Титце У., Шенк К.** Полупроводниковая схемотехника. — М.: Мир, 1982.

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

МКУС в УМЗЧ с биполярными и полевыми транзисторами (универсальная структура)

А. ЛИТАВРИН, г. Берёзовский Кемеровской обл.

В этой статье предложено два варианта УМЗЧ, выполненных с многоканальной усилительной структурой (МКУС), которая минимизирует многие виды нелинейных искажений и помех в широкой полосе частот.

Терминология и основные положения организации МКУС опубликованы в нашем журнале в ряде статей автора в период с 2004 г.

В этой статье продолжается тема о многоканальных усилительных структурах (МКУС) и важных критериях отрицательной обратной связи (ООС), которая была поднята ранее в авторских публикациях [1, 2]. Основная идея такой схемотехники состоит в том, что параметры усилителей должны быть весьма высокими и базироваться на определённых критериях ООС, только в этом случае можно подавить искажения в усилителях до исчезающе малых значений. Однако в абсолютном большинстве усилителей, используемых в аудиоаппаратуре, весьма плохо выдерживаются некоторые критерии ООС.

Рис. 1

Рассмотрим типовую структуру звукового усилителя мощности (**рис. 1**), который может быть реализован на основе мощного операционного усилителя (ОУ). Принцип работы такого усилителя достаточно прост. Входной сигнал сравнивается с выходным, возвратившимся на вход ОУ с резисторного делителя напряжения сигнала $R_{ООС}/R1$, который задаёт коэффициент передачи усилителя. Но при этом и сигнал искажений, который поступает на вход ОУ, необходимый для подавления искажений самого усилителя, аналогичным образом ослаблен. Чтобы компенсировать (подавить) эти искажения в выходном сигнале, усилителю необходимо усилить этот сигнал искажений в соответствующее число раз. Таким образом, в делителе напрасно теряется и без того относительно низкий запас усиления внутри петли ООС. Создаётся весьма странная ситуация, когда сигнал, который предназначен для компенсации искажений, сначала уменьшают в десятки раз, а потом, наоборот, его усиливают.

Фактически получается, что усилитель с большими сигналами работает весьма прилично. Но вот с низкоуровневыми сигналами качество работы подобного усилителя оставляет желать лучшего, так как из-за шумов и помех качественно их усилить он не может. Соответственно и характеристики усилителя, в зависимости от уровня слагаемых компонент сигнала, получаются относительно разные.

При измерениях подобных усилителей на основе узкополосных (или монотонных) сигналов с большой спектральной плотностью (с размерностью $В^2/Гц$), параметры получаются вполне удовлетворительные. При измерениях этих усилителей на основе техники широкополосных сигналов, к примеру, шумоподобных, имеющих низкую спектральную плотность, результаты получаются весьма спорными.

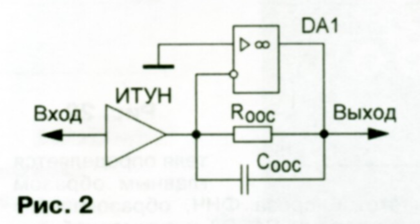


Рис. 2

Слуховые субъективные оценки качества работы усилителей со структурой, показанной на рис. 1, как правило, также характеризуются зависимостью от уровня сигнала. Эти усилители, работающие с большой выходной мощностью, в основном ведут себя вполне достойно, например, на дискотеках и при озвучивании разного рода уличных мероприятий. В то же время, при работе с малой выходной мощностью, например при прослушивании музыкальных произведений на высокочувствительную АС в небольшом помещении, субъективные оценки зачастую оказываются неоднозначными, а то и удручающими.

Считается, что приведённая выше структура обладает очень низким выходным сопротивлением. Это необходимо для демпфирования основного резонанса динамических головок и акустической системы (АС) в целом. В общем, так оно всё и есть, но опять-таки это выполняется именно для мощных узкополосных (монотонных) сигналов. Если же ориентироваться на малосигнальные компоненты с распределённым спектром, то для них характер выходного сопротивления будет весьма сложным, а взаимодействие с самой АС трудно предсказуемо.

Положение сильно усугубляется ещё и тем, что усилитель по схеме мощного ОУ зачастую отличается существенным временем реакции по петле ООС, что обусловлено определённым числом последовательных каскадов усиления с ограниченной полосой пропускания (и эквивалентным временем задержки). Это снижает точность и эффективность компенсации статической и динамической нелинейности в широкой полосе частот.

Получается, что подобная классическая структура усилителя на основе мощного ОУ, которая в массовом порядке применяется в усилителях различной аудиоаппаратуры, не может обеспечить высококачественного усиления. То есть такие усилители весьма далеки от идеала и не способны удовлетворить запросы искушённых аудиофилов.

Структура усилителей по принципам МКУС

Между тем избавиться от ключевого недостатка структуры по схеме на рис. 1 относительно просто [1, 2]. Для этого следует заменить входной резистор R1 на источник тока, как показано на **рис. 2**. Соответственно в этой схеме мы получим стопроцентную ООС. Это означает, что сигнал искажений проходит на вход мощного ОУ без ослабления (деления). Конкретно, если ориентироваться на типовой для УМЗЧ коэффициент усиления в 30 дБ (30 раз), то по отношению к схеме на рис. 1 устройство по схеме на рис. 2 обладает на 30 дБ большим соотношением сигнал/шум+помеха внутри петли ООС. Это очень улучшает качество работы ООС, особенно для малых сигналов! И это не частный случай, а общее свойство решения проблемы в соответствии с одним из критериев оптимизации ООС.

Но устройство по схеме на рис. 2 имеет небольшой запас усиления и, как правило, существенное время задержки по петле ООС. Чтобы снизить влияние этих и ряда других негативных факторов, следует применять усилители на основе МКУС [1, 2]. В этом случае относительно легко получить как крайне малое время реакции петли ООС (ВРП ООС), так и гиперглубокую ООС. Чтобы как-то ранжировать определения усиления и глубины ООС, будем условно считать, что крайне глубокая ООС обеспечивается двумя радиочастотными ОУ с совокупным усилением по петле около 150 дБ. В свою очередь, гиперглубокая ООС достигается посредством трёх (или более) радиочастотных ОУ при усилении по петле ООС более 200 дБ.

В предыдущей публикации [1] также было введено понятие многоядерности. Суть этого термина состоит в том, что, проходя от одного "внутреннего" усилителя к другому, сигнал каждый раз последовательно уточняется усилителем со своей ООС. Соответственно и ошибка внутри петли каждой последующей ООС становится всё меньше и меньше. В свою очередь, дополнительный мощный усилительный канал также может быть представлен в виде отдельного усилителя со своей общей ООС.

В целом это ничего не меняет в принципах и логике работы МКУС. Применение же функционально закончен-

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-83-05
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 3

ного усилителя (ядра) со своей ООС в качестве дополнительного канала делает подобные структуры весьма универсальными. В качестве мощного канала следует использовать отдельный мощный усилитель со своей ООС. Именно такая структурная схема УМЗЧ и представлена на **рис. 3**. Применение мощного усилителя, охваченного своей ООС, позволяет получить высокие стабильные технические характеристики такой многоканальной структуры.

Схемы узлов УМЗЧ по принципам МКУС

На основании сказанного выше была разработана новая версия УМЗЧ, где реализованы по максимуму заданные критерии работы ООС (см. начало статьи [1]), которые имеют основополагающее влияние на качество и эффективность работы УМЗЧ в целом. Предлагаемая версия УМЗЧ сохраняет принципы работы усилителя, представленного в [2], но построен он с принципиально другим выходным каскадом. Сама структура УМЗЧ акцентирована на универсальность её применения с различными вариантами выходного каскада (см. далее), и это — важное свойство такого усилителя.

Описываемый УМЗЧ функционально реализован на основе пятиканальной двухъядерной усилительной структуры последовательного приближения и состоит из двух последовательно включённых многоканальных усилителей. Каждый из этих усилителей обладает своей стопроцентной на ВЧ ООС, контролирующей ошибку в фазовой компенсации искажений, и состоит из главного канала [1] и дополнительного мощного канала (усилителя), который контролируется главным каналом. Применение стопроцентной ООС на ВЧ обеспечивает приоритет этих главных каналов по петле ООС в отношении прочих сигналов, которые на ВЧ принудительно ослаблены.

В качестве главных каналов в этих усилителях применены радиочастотные ОУ [3, 4]. Это позволяет получить крайне малое время реакции петли ООС и её работу в широкой полосе частот (до 200 МГц) в каждом из этих каналов и, как следствие, в целом во всём усилителе. Стопроцентная (как на ВЧ, так и на НЧ) ООС реализована применением входного ИТУН в дополнительном прецизионном канале. Совокупное усиление всех трёх каналов превышает 200 дБ, т. е. УМЗЧ охвачен гиперглубокой ООС.

Конструктивно УМЗЧ состоит из двух устройств: прецизионного усилителя сигналов (ПУС), где действует прецизионная, стопроцентная на НЧ и ВЧ общая ООС, и выносного усилителя мощности (ВУМ), где имеется своя отдельная ООС. На рис. 3 показана общая структура УМЗЧ, в которой использованы позиционные обозначения элементов соответствующих узлов, на **рис. 4** — схема входного ИТУН, на **рис. 5** — схема блока ПУС, а на **рис. 6** и **7** — две версии схем блока ВУМ. Схемы входного ИТУН (рис. 4) и блоков ВУМ1 и ВУМ2 (рис. 6, 7) имеют свою нумерацию элементов, которая начинается с цифрового префикса 2, 3 и 4 соответственно.

Угловые стрелки на схемах указывают направление следования сигнала, причём маломощный сигнал показан одиночной стрелкой, а мощный — двойной. Внутренний выход каждого многоканального усилителя (т. е. точка, к которой подключена их ООС или общая ООС) обозначен на схеме как контрольная точка (КТ1, КТ2), которая выделена утолщением.

В каждом блоке (усилительном ядре) имеется свой главный канал и сумматор

2DA1 – AD8065AR; 2C2–2C4 220 мк х 16 В
2VT1–2VT4, 2VT7–2VT9 – MMBFJ310; 2VT5, 2VT6 – BCX53-16

Рис. 4

РАДИО

ЗВУКОТЕХНИКА

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО № 10, 2015

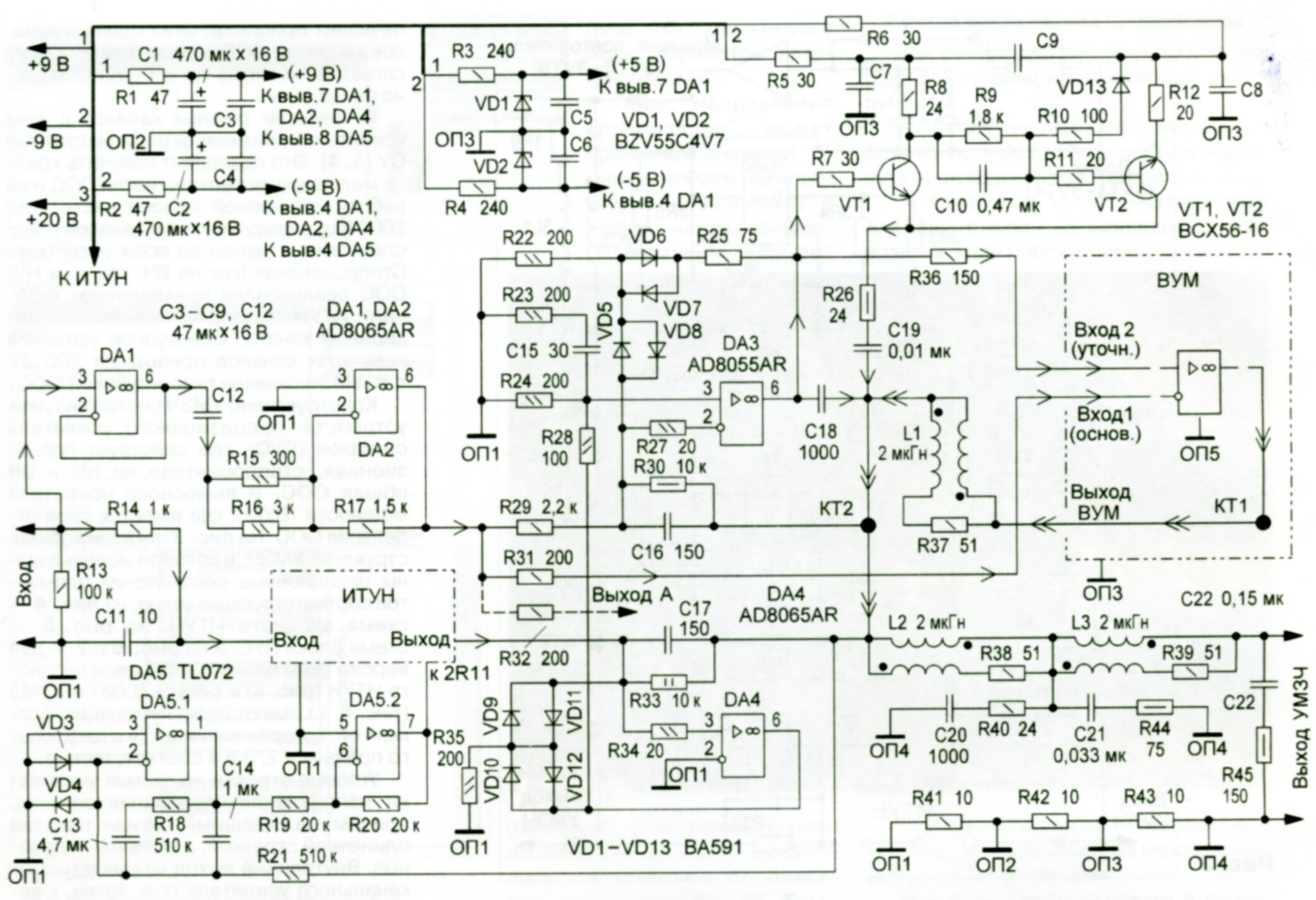


Рис. 5

сигнала. Соответственно ОУ DA3 — это главный канал самого УМЗЧ (блок ПУС), а ОУ 3DA1 — главный канал блока ВУМ. Усилители с этими главными каналами охвачены своими идентичными ООС. В качестве мощного канала усилителя в блоке ПУС используется блок ВУМ.

Усилитель ПУС выполнен по двухканальной структуре. Он состоит из предварительного усилителя (ОУ DA1 и DA2), главного канала на ОУ DA3 со своей ООС (C16, R30), сумматора сигнала (C18, L1) дополнительного прецизионного усилительного канала и интегратора на ОУ DA5. Дополнительный прецизионный канал состоит из входного ИТУН и прецизионного усилителя на ОУ DA4, со своей прецизионной (C17, R33) стопроцентной на ВЧ и на НЧ ООС.

На рис. 4 показана схема входного ИТУН с генераторами стабильного тока (ГСТ). Один ГСТ на транзисторе 2VT5 подключён к плюсовой шине питания, два других на 2VT8 и 2VT7 — к минусовой шине. Причём ГСТ на 2VT5 и 2VT7 сделаны каскодными, т. е. вместо токозадающего резистора применены источники тока на 2VT3, 2VT4 и 2VT9 соответственно. Это существенно улучшает их параметры, а также делает малочувствительными к качеству питания.

Ток ГСТ на 2VT5 равен сумме токов нижних источников тока (на 2VT8 и 2VT7). ГСТ на 2VT8 и 2VT9 задают токи покоя входного (2VT1) и выходного (2VT7) каскадов. На ОУ 2DA1 и транзисторах 2VT1, 2VT2 собран внутренний ИТУН, он и осуществляет преобразование входного переменного напряжения в переменный ток. Эти транзисторы и ОУ охвачены стопроцентной ООС, тем самым ОУ линеаризует проходную характеристику транзисторов.

Структура входного ИТУН весьма близка к варианту ИТУН, применённого в [1]. Однако за счёт применения улучшенных ГСТ и глубокой ООС, которой охвачен ОУ, параметры этого узла существенно улучшены. Выходное сопротивление этого ИТУН превышает 100 кОм на частоте 20 кГц, что намного больше сопротивления цепи ООС (R33 = 10 кОм).

В блоке ПУС интегратор на ОУ DA5.1 (на рис. 5) исключает появление постоянной составляющей на выходе УМЗЧ (в точке КТ2) посредством регулировки напряжения смещения на конденсаторе 2С6. Это напряжение изменяет начальный ток транзистора 2VT1, тем самым устраняется выходной постоянный ток на выходе входного ИТУН. Благодаря дополнительной цепи 2С6 и 2R11 интегратор представляет собой фильтр второго порядка, что существенно снижает его влияние на звуковой сигнал.

Дополнительный мощный эмиттерный повторитель на транзисторе VT1 обладает относительно высоким быстродействием и работает в классе А. Он собран по экономичной схеме, суть которой состоит в том, что транзистор VT2 отслеживает ток VT1. Соответственно сигнал на эмиттере VT2 идентичен сигналу на коллекторе VT1. Как следствие, при токе покоя в 35 мА этот повторитель может отдать в нагрузку ток до 70 мА.

Такой повторитель облегчает работу ОУ DA3, уменьшая его выходной ток при наличии мощного сигнала на ВЧ. Это положительно влияет на работу главного канала на ОУ DA3. При желании этот повторитель может быть исключён. В этом случае удаляют элементы R5—R12, C7—C10, VT1, VT2, а резистор R26 (верхний вывод) подключают напрямую к выходу ОУ DA3. Номиналы R3, R4 в этом случае следует уменьшить до 120 Ом.

На выходе мощных усилителей (блоки ПУС и ВУМ) имеются сумматоры сигнала C18, L1 и 3C4, 3L1. Эти сумматоры объединяют маломощные сигналы, приходящие от главных каналов (т. е. ОУ DA3 и 3DA1), и мощные сигналы, поступающие от мощных усилителей. Элементы C19, R26 и R37 (3C5, 3R5 и 3R9) снижают добротность, подавляя резонансные явления в этих сумматорах. Сами катушки индуктивности также должны иметь низкую добротность [1].

Перед уточняющими входами усилителей (т. е. перед неинвертирующими входами ОУ DA3, 3DA1, 4DA1) включены делители сигнала (R28/R24 и (R36+3R3)/3R4 и (R36+4R3)/4R4). Их основная функция — уменьшение уровня сигнала на ВЧ. Тем самым обеспечивается приоритет этих главных каналов (т. е. самих ОУ DA3 и ОУ 3DA1) на замыкание петли своей ООС.

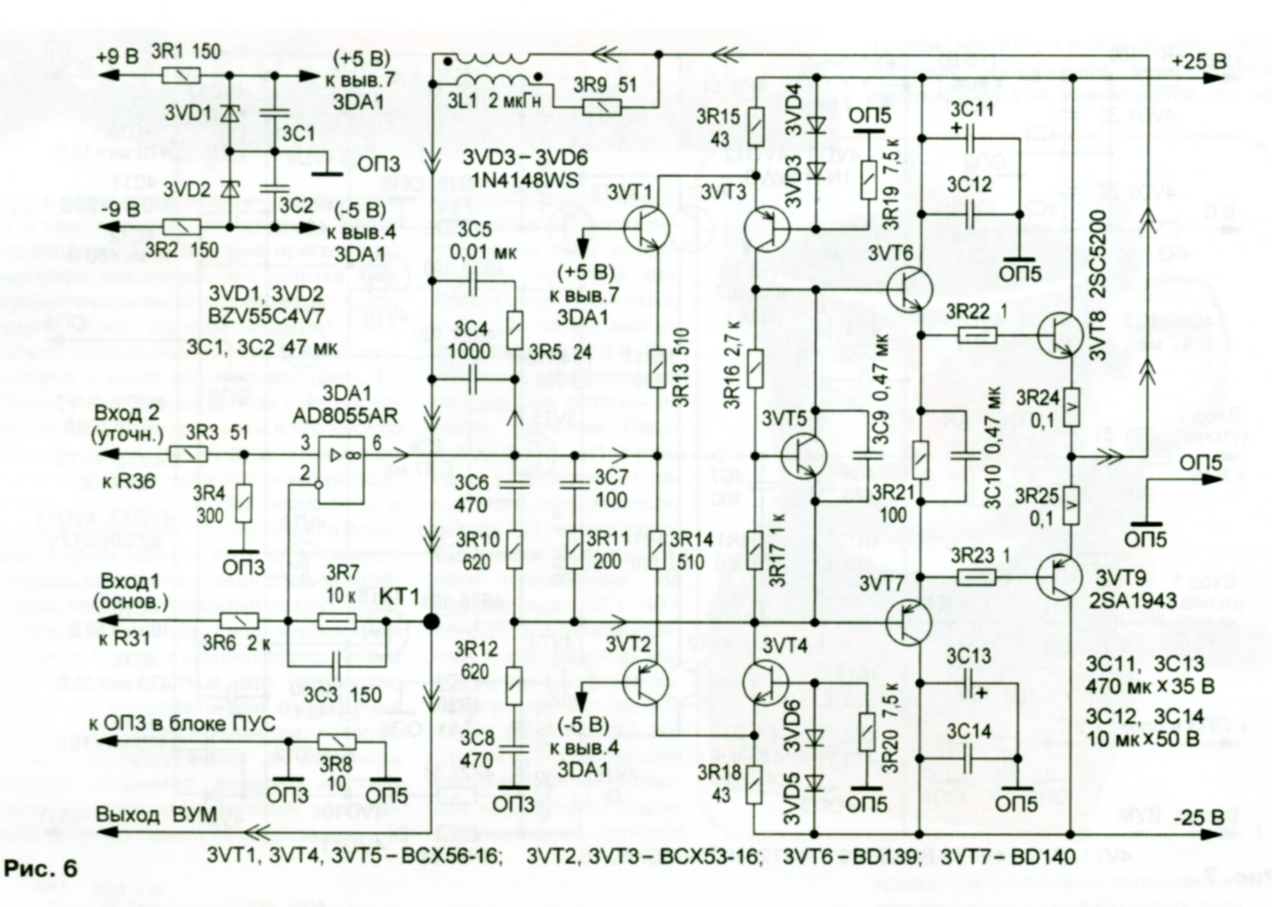


Рис. 6

Усилитель ВУМ выполнен по трёхканальной структуре. Он состоит из главного канала на ОУ 3DA1 (4DA1) со своей ООС (3C3, 3R7 или 4C3, 4R7), сумматора сигнала (3C4, 3L1 или 4C4, 4L1) и мощного канала. Усилитель имеет два входа — основной (инвертирующий) и уточняющий (неинвертирующий). В этом усилителе в качестве мощного канала в первом (по ходу распространения мощного сигнала) многоканальном усилителе используется мощный усилитель на транзисторах.

Мощный канал в блоке ВУМ собран на транзисторах (3VT1—3VT9) по двухканальной структуре. В нём имеется своя цепь ВЧ-коррекции, которая образует делитель сигнала (3C6, 3R10)/ /(3C8, 3R12). Выход этого делителя подключён к входу мощного повторителя (3VT6—3VT9). Соответственно на ВЧ сигнал напрямую (через 3C6, 3R10 и 3C7, 3R11) подводится к входу мощного повторителя в обход драйверного каскада. На звуковых частотах сигнал усиливается вначале драйверным каскадом (3VT1—3VT5) и затем поступает на вход мощного повторителя (3VT6—3VT9).

В этой статье, как сказано выше, представлены два варианта выходного каскада — с биполярными (рис. 6) и полевыми транзисторами (рис. 7). Схемные различия касаются в основном мощного выходного каскада (повторителя). В выходном каскаде усилителя по схеме на рис. 7 имеется дополнительная цепь вольтдобавки, которая увеличивает напряжение питания в драйверном каскаде на пиках сигнала.

Здесь следует особо подчеркнуть, что в качестве усилителя ВУМ возможно применение любого усилителя мощности с нужной АЧХ вне зависимости от его внутреннего содержания. Коэффициент передачи (АЧХ) и цепи его ООС должны быть идентичны коэффициенту передачи (АЧХ) и цепи ООС главного канала самого УМЗЧ (ОУ DA3), что обусловлено цепью R29R30C16. Схемотехника и организация ООС подобного УМЗЧ должны в обязательном порядке удовлетворять требованиям быстродействия, широкополосности и стопроцентности обратной связи на ВЧ.

Входной сигнал одновременно поступает на вход повторителя на ОУ DA1 и на входной ИТУН. С выхода повторителя на ОУ DA1 сигнал приходит на усилитель на ОУ DA2, тем самым ОУ DA1 и DA2 образуют предварительный инвертирующий усилитель. С его выхода (от DA2) сигнал одновременно поступает на инвертирующий вход ОУ DA3 (основной вход усилителя) и на основной вход ВУМ, т. е. на инвертирующий вход ОУ 3DA1.

Главный канал на ОУ DA3 контролирует в области ВЧ сигнал на выходе УМЗЧ в точке КТ2. Соответственно ВЧ-сигнал проходит через конденсаторы C18 и C19 напрямую на выход УМЗЧ и далее по петле ООС возвращается на вход ОУ. Этим замыкается петля ООС УМЗЧ на ВЧ. Одновременно главный канал на ОУ DA3 (блок ПУС) контролирует сигнал на выходе УМЗЧ в точке КТ2, управляя блоком ВУМ. Это осуществляется с помощью уточняющего сигнала, поступающего с выхода ОУ DA3 на уточняющий вход ВУМ, т. е. на неинвертирующий вход ОУ 3DA1. С выхода блока ВУМ (КТ1) мощный сигнал через катушку L1 поступает на выход УМЗЧ (КТ2). Этим замыкается петля ООС УМЗЧ на НЧ. Таким образом, сигналы на выход УМЗЧ поступают разными путями: через конденсаторы C18 и C19 частотой выше 2 МГц, а от блока ВУМ и L1 — частотой ниже 2 МГц.

Дополнительно разностный сигнал ошибки, поступивший от входного ИТУН и цепи прецизионной ОООС, усиливается прецизионным усилителем на ОУ DA4 и поступает на уточняющий вход усилителя (т. е. на неинвертирующий вход ОУ DA3). Соответственно именно ОУ DA4 окончательно формирует выходной сигнал УМЗЧ (в точке КТ2), исходя из критерия своей прецизионной, стопроцентной и на ВЧ, и на НЧ общей ООС.

Каждый из ОУ DA4, DA3, 3DA1 стабилизирует сигнал в точке подключения своей ООС и обладает усилением в 70 дБ на частоте 20 кГц. Соответственно общий коэффициент усиления в петлях ООС с учётом трёх радиочастотных ОУ и мощного выходного каскада достигает 3 × 70 + 20 = 230 дБ.

Коэффициент передачи УМЗЧ формируется прецизионным усилителем на ОУ DA4 и задаётся крутизной передачи входного ИТУН и сопротивлением прецизионной общей ООС, т. е. равенству их токов в точке соединения. Высокая точность преобразования входного напряжения в выходной ток ИТУН обусловлена стопроцентной ООС в усилителе на ОУ 2DA1. Соответственно коэффициент передачи самого УМЗЧ равен 25 ($K_{ус\ УМЗЧ}$ = R33/2R10).

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

4VT1, 4VT4, 4VT5 – BCX56-16; 4VT2, 4VT3 – BCX53-16

Рис. 7

Усилители в блоках ПУС и ВУМ должны иметь идентичные коэффициенты передачи, причём с учётом усиления предварительного усилителя общее усиление должно быть равно $K_{ус\ УМЗЧ}$. Соответственно получаем для блока ПУС

$(R17 / ((R15 \times R16) / (R15 + R16))) \times$
$\times (R30 / R29) = K_{ус\ УМЗЧ} = R33 / 2R10$,

а для блока ВУМ

$(R17 / ((R15 \times R16) / (R15 + R16))) \times$
$\times (3R7 / (R31 + 3R6)) = K_{ус\ УМЗЧ} = R33 / 2R10$.

В этих формулах отношение $R17 / ((R15 \times R16) / (R15 + R16))$ задаёт коэффициент передачи (усиление) предварительного усилителя (ОУ DA1 и ОУ DA2).

Частоты среза петли ООС (блок ВУМ) и ООС (блок ПУС) должны быть равны, т. е. $R33 \cdot C17 = R30 \cdot C16 = 3R7 \cdot 3C3$. Соответственно в УМЗЧ частота среза $F_{среза} = 1 / (2\pi \cdot R33 \cdot C17) = 100$ кГц.

Ограничительные диоды VD3, VD4 выполняют функцию уменьшения сигнала на входе интегратора в случае выхода его из линейного режима. Диоды VD5—VD12 включены по схеме Т-образного моста и при перегрузке усилителя выполняют функцию ограничения сигнала по входу и по выходу ОУ, включая местную ООС. В нормальном состоянии диоды закрыты, а при появлении слишком большого уровня сигнала на выходах ОУ диоды VD5—VD8 и VD9—VD12 открываются и создают местную ООС, резко снижая усиление в петле ООС. Сами ОУ (DA3, DA4, 3DA1) при этом не входят в режим перегрузки, т. е. работают в линейном режиме.

В электрических соединениях между узлами и блоками с прецизионной обратной связью очень важно исключить наводимые на общие провода паразитные помехи и наводки.

Общие провода ОП1—ОП4 от блока ПУС подсоединены к общей точке "заземления", которая находится в непосредственной близости от блока ПУС. "Силовой" общий провод ОП5 из блока ВУМ также подсоединён к общей точке "заземления".

Назначение общих проводов: ОП1 — сигнальный (прецизионный) "нулевой" провод для входных каскадов; ОП2 — "нулевой" провод цепи питания входных каскадов; ОП3 — "нулевой" провод цепи питания ОУ DA3 и повторителя на транзисторе VT1; ОП4 — "нулевой" провод выходного фильтра УМЗЧ; ОП5 — "силовой" общий провод питания в блоке ВУМ.

В качестве источников питания +/−9 В, +20 В могут быть применены любые достаточно качественные источники питания. Соответственно схемы стабилизаторов напряжения +/−9 В, +20 В в статье не приведены. Как вариант можно рекомендовать схемы стабилизаторов напряжения +/−12 В, +/−25 В на рис. 13, 14 из [1], напряжение стабилизации которых следует соответственно уменьшить.

Напряжение питания мощного выходного каскада — 25...30 В. Выходная мощность усилителя при этом составит 60...80 Вт соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Литаврин А.** МКУС в УМЗЧ с гиперглубокой ООС. — Радио, 2013, № 9, с. 8—12; № 10, с. 15—19; № 11, с. 8—10.

2. **Литаврин А.** МКУС в УМЗЧ с токовым управлением и крайне глубокой ООС. — Радио, 2011, № 10, с. 17—20; № 11, с. 15—18.

3. AD8055. — URL: **http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8055_8056.pdf** (29.04.15).

4. AD8065. — URL: **http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8065_8066.pdf** (29.04.15).

(Окончание следует)

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

"Европейская медиагруппа" (ЕМГ) приступила к сокращению сети вещания радиостанции "Спорт FM", на запуск которой она потратила миллиард рублей. 6 августа ЕМГ переоформила частоты ООО "Медиа спорт", управляющего "Спорт FM", в восьми городах на свои музыкальные радиостанции — как следует из данных Роскомнадзора. Так, в Иркутске, Нижнем Новгороде, Самаре, Туле и Чебоксарах на частотах "Спорт FM" будет вещать "Дорожное радио", в Астрахани и Набережных Челнах — "Ретро FM", в Новосибирске — "Радио 7".

В апреле ЕМГ уже скорректировала сетку вещания "Спорт FM", увеличив долю неспортивного контента. На радиостанции появились новости о событиях в стране и мире, а также разговорные программы.

По словам президента ЕМГ Екатерины Тихомировой, несмотря на переформатирование региональных частот развитие сети вещания "Спорт FM" продолжает оставаться приоритетом холдинга. В начале 2016 г. радиостанция начнёт вещать ещё в 11 городах России. В то же время известно, что "Спорт FM" — планово-убыточная радиостанция. Из-за кризиса её выход на операционную окупаемость сдвинулся с 2016 г. на конец 2018 г. (источник — URL: **http://www.kommersant.ru/doc/2786740** (24.08.15)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ И ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. В **таблице** приведён список радиостанций, вещающих на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской обл.

АДЫГЕЯ. "Дорожное радио" с 1 августа появилось в эфире г. Майкопа на частоте 99,5 МГц. Его могут слушать жители столицы Республики Адыгея и близлежащих населённых пунктов (источник — URL: **http://www.radioportal.ru/node/67349?language=en** (24.08.15)).

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. 19 августа филиал РТРС "Алтайский КРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Маяк" на частоте 107,2 МГц в г. Бийске. Сигнал доступен в радиусе 43 км от города. Одновременно трансляция этой радиостанции на частоте 72,08 МГц прекращена (источник — URL: **http://altai.rtrs.ru/news/read/347/** (24.08.15)).

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ. 8 августа информационный холдинг "Севергазмедиа" вновь запустил вещание радиостанции "Ретро FM" на частоте 102,7 МГц в г. Котласе. Впервые станция начала свою работу в этом городе в 2004 г., однако после пожара в 2009 г. трансляции были прекращены (источник — URL: **http://www.severinform.ru/index.php?page=newsfull&date=07-08-2015&newsid=232323** (24.08.15)).

"Радио Рекорд" теперь смогут услышать в г. Котласе. 22 августа информационный холдинг "Севергазмедиа" запустил популярную радиостанцию на частоте 101,2 МГц. Кстати, впервые эта станция вышла в эфир 22 августа 1995 г. в Санкт-Петербурге. Через два года она стала целыми сутками передавать танцевальную музыку, изменив первоначальный формат (источник — URL: **http://www.kp.ru/online/news/2142516/** (24.08.15)).

БАШКОРТОСТАН. Радиостанция "Вести FM" появилась в эфире г. Уфы почти три года назад, в декабре 2012 г. Помимо круглосуточного федерального вещания, в эфир выходят шесть региональных блоков, в которых рассказывается о событиях политической, социально-экономической, культурной, спортивной жизни Уфы и Башкортостана. С 21 августа изменилась частота вещания в столице республики — теперь это 102,1 МГц (источник — URL: **http://www. gtrk.tv/novosti/radiostanciya-vesti-fm-ufa-smenila-chastotu-veshchaniya** (24.08.15)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. 28 июля филиал РТРС "Белгородский ОРТПЦ" начал трансляцию программ радиостанции "Радио" в г. Старом Осколе. Вещание ведётся на частоте 100,4 МГц. Сигнал доступен жителям г. Старого Оскола и окрестных населённых пунктов (источник — URL: **http://belgorod.rtrs.ru/news/read/1021/** (24.08.15)).

КРЫМ. Радиостанция "Море" символично начала вещание в городах Симферополе, Севастополе и Керчи 27 июля — в День Военно-морского флота России. Станция будет работать в г. Симферополе на частоте 100,6 МГц, в г. Севастополе — на частоте 90,4 МГц, в г. Керчи — на частоте 100,3 МГц. В планах радиостанции — расширение зоны покрытия с охватом всего Крыма (источник — URL: **http://radioportal.ru/news/novosti-radio/radio-more-zapustilo-veshchanie-v-krymu** (24.08.15)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. 6 августа 2015 г. "Наше радио" появилось в эфире одного из крупнейших городов Нижегородской области — в г. Арзамасе. Частота вещания — 98,9 МГц (источник — URL: **http://nsn.fm/hots/nashe-radio-teper-i-v-arzamase-.php** (24.08.15)).

ОМСКАЯ ОБЛ. С 1 августа в г. Калачинске восстановлено вещание попу-

Местонахождение передатчика	Транслируемая радиопрограмма/радиостанция	Частота, МГц	Время вещания
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Радонеж"	0,684	17.00—21.00
	"Радиогазета "Слово"	0,828	06.00—14.00, 18.00—02.00
	"Православное радио Санкт-Петербурга"		02.00—06.00, 14.00—18.00
	"Радио Мария"	1,053	05.00—21.00
пос. Красный Бор	"Радио Теос" (понедельник—пятница)	1,089	05.00—14.00
г. Тихвин	"Радио России" (региональная версия)	66,14	03.00—21.00
г. Санкт-Петербург		66,30	02.00—22.00
г. Кингисепп		67,67	03.00—21.00
г. Выборг	"Радио Петербург"	67,79	03.00—23.00
г. Кингисепп		68,93	
г. Санкт-Петербург	"Радио Петербург"	69,47	03.00—23.00
г. Подпорожье	"Радио России" (региональная версия)	69,95	03.00—21.00
г. Луга	"Радио России" (федеральная версия)	70,88	02.00—22.00
пос. Ольгино	"Радио Балтика"	71,24	Круглосут.
г. Санкт-Петербург	"Радио Орфей"	71,66	03.00—21.00
пос. Ольгино	Радиостанция "Наше радио"	72,14	Круглосут.
пос. Ольгино	Радиостанция "Град Петров"	73,10	04.00—23.00
г. Санкт-Петербург	"Дорожное радио"	87,5	Круглосут.
г. Кингисепп	"Радио Ваня"	87,8	
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Ретро FM"	88,0	
г. Волхов	"Радио Ваня"	88,2	Нет данных
г. Санкт-Петербург	"Авторадио"	88,4	Круглосут.
г. Выборг	"Радио Ваня"	88,7	
пос. Ольгино	Радиостанция "Юмор FM"	88,9	
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Вести FM"	89,3	
	"Радио Зенит"	89,7	
г. Выборг	"Радио для двоих"	89,9	
г. Санкт-Петербург	"Радио Эрмитаж"	90,1	
	"Радио для двоих"	90,6	
пос. Ольгино	Радиостанция "Кекс FM"	91,1	
г. Выборг	Радиостанция "Ретро FM"	91,2	
пос. Ольгино	Радиост. "Эхо Москвы"/"Эхо Петербурга"	91,5	
г. Выборг	"Радио Мария"	92,6	05.00—21.00
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Русская служба новостей"	92,9	Круглосут.
	Радиостанция "Energy FM"	95,0	
г. Выборг	"Модное радио"	95,2	
г. Светогорск	"Дорожное радио"	95,4	
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Нева FM"	95,9	
г. Любань	"Радио Ваня"	96,7	
г. Санкт-Петербург	"Радио Дача"	97,0	
г. Луга	Радиостанция "Европа плюс"	98,5	
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Nostalgy FM"	98,6	
г. Выборг	"Радио РОКС"	98,8	
г. Луга	"Авторадио"	98,9	
г. Санкт-Петербург	"Радио России FM"	99,0	
г. Кингисепп	Радиостанция "Европа плюс"	99,3	
г. Любань	"Дорожное радио"	99,6	
г. Выборг	"Love Radio"/"Верные решения"	99,8	04.00—21.00

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Таблица (окончание)

Местонахождение передатчика	Транслируемая радиопрограмма/радиостанция	Частота, МГц	Время вещания
г. Кингисепп	"Авторадио"	100,3	Круглосут.
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Европа плюс"	100,5	
г. Луга	"Радио РОКС"	100,8	
пос. Ольгино	Радиостанция "Питер FM"	100,9	
г. Выборг	Радиостанция "Популярная классика"	101,0	
г. Кириши	"Радио Ваня"	101,1	Нет данных
пос. Ольгино	Радиостанция "Эльдорадио"	101,4	Круглосут.
г. Санкт-Петербург	"Радио РОКС"	102,0	
г. Волхов	"Дорожное радио"	102,2	Нет данных
пос. Ольгино	Радиостанция "Метро FM"	102,4	Круглосут.
г. Луга	"Радио Град Петров"	102,5	04.00—23.00
г. Тихвин	"Дорожное радио"	102,6	Круглосут.
г. Сосновый Бор			
пос. Ольгино	"Радио Максимум"	102,8	
г. Подпорожье	"Дорожное радио"	102,9	
г. Луга	"Радио Ваня"	102,9	
г. Кириши	"Дорожное радио"	103,0	
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "DFM"	103,4	
г. Выборг	"Русское радио"	103,5	
г. Санкт-Петербург	"Детское радио"	103,7	
пос. Ольгино	"Наше радио"	104,0	
г. Кингисепп	"Дорожное радио"	104,2	
г. Санкт-Петербург	"Радио Шансон"	104,4	
г. Луга	Радиостанция "Питер FM"	104,7	
г. Санкт-Петербург	"Радио Балтика"	104,8	
г. Кириши	"Радио Рекорд"	104,9	
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Love Radio"	105,3	
г. Кириши	"Радио Кириши"	105,5	Нет данных
г. Выборг	"Мелодичное радио"		Круглосут.
г. Санкт-Петербург	"Радио Монте-Карло"	105,9	
г. Выборг	Радиостанция "Европа плюс"	106,0	
г. Луга	"Радио Микс"	106,0	
г. Подпорожье	"Радио Рекорд"	106,1	
г. Кингисепп	Радиостанция "Питер FM"	106,2	
г. Санкт-Петербург	"Радио Рекорд"	106,3	
г. Тихвин	Радиостанция "Питер FM"	106,4	
г. Луга	"Дорожное радио"	106,5	
г. Выборг		106,7	
г. Тихвин	"Радио Тихвин"/"Русское радио"	106,9	03.00— 21.00
г. Подпорожье	"Авторадио"	106,9	Круглосут.
г. Санкт-Петербург	Радиостанция "Маяк FM"	107,0	
г. Кингисепп	"Радио Рекорд"	107,1	
г. Приозерск	Радиостанция "Приозерск FM"	107,2	
г. Выборг	"Радио Рекорд"	107,3	
г. Луга		107,3	
пос. Ольгино	Радиостанция "Бизнес FM"	107,4	
г. Приозерск	"Дорожное радио"	107,6	
пос. Ольгино	"Русское радио"	107,8	
г. Выборг	"Авторадио"	107,9	

лярной радиостанции "Русское радио", которое вернулось в эфир на прежней частоте 105,6 МГц после трёхмесячных технических работ, начавшихся в мае. За это время здесь полностью обновили оборудование для получения более чёткого сигнала со спутника (источник — URL: **http://kalachinsk.ru/news/4696-russkoe_radio_vernulos_v_kalachinsk.html** (24.08.15)).

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ. Если "пройтись" по сайтам, как отечественным, так и зарубежным, можно обнаружить много самых разных "наблюдений" (именно так, в кавычках) о слышимости последних действующих средневолновых передатчиков России на различных частотах.

О трансляции программ в Оренбуржье в средневолновом диапазоне для рубрики "Новости вещания" предоставил информацию Туркин С. В., зам. главного инженера Оренбургского ОРТПЦ: "В ответ на Ваше обращение сообщаем, что в настоящее время в Оренбургской области на средних волнах осуществляется вещание в двух населённых пунктах: в г. Бугуруслане — на частоте 1395 кГц, максимальная мощность передатчика — 5 кВт, но работает он с разрешённой мощностью 1 кВт, программа вещания — "Радио России"; в п. Матвеевке — на частоте 936 кГц, мощность передатчика — 5 кВт, программа вещания — "Радио России". На обеих частотах есть включения местной ГТРК "Оренбург".

На частоте 1053 кГц с программой "Радио России" и на частоте 540 кГц с программой "Радио Маяк" вещание в г. Оренбурге осуществлялось до 2011 г. и 2013 г. соответственно".

ТОМСКАЯ ОБЛ. 5 августа филиал РТРС "Томский ОРТПЦ" начал трансляцию программ радиостанции "Томский благовест". Передатчик мощностью 0,5 кВт охватывает радиосигналом жителей г. Томска, его окрестности и г. Северска. Вещание ведётся на частоте 100,9 МГц.

Впервые радиостанция начала работу 16 января 2013 г. в с. Мельниково. Сегодня "Томский благовест" присутствует в 80 населённых пунктах области. В эфире радиоканала — программы на общественно-политические, культурные и религиозные темы (источник — URL: **http://www.tomsk.rtrs.ru/news/read/160/** (24.08.15)).

ТЮМЕНЬ. 14 августа филиал РТРС "Урало-Сибирский РЦ" запустил в эксплуатацию передатчик мощностью 1 кВт на частоте 100 МГц. Теперь программами радиостанции "Маяк" будут охвачены жители областной столицы и близлежащих населённых пунктов (источник — URL: **http://ural-sib.rtrs.ru/news/read/554/** (24.08.15)).

ЧЕЛЯБИНСК. 1 августа в эфире появилась радиостанция "Мир", трансляции идут на частоте 94 МГц (источник — URL: **http://mir24.tv/news/smiruponitke/13042774** (24.08.15)).

В эфире радиостанции "Эхо Москвы в Челябинске", вещающей на частоте 99,5 МГц, останется только новостной контент. 31 июля в эфире прозвучал последний выпуск программы "Разворот на Челябинск", также закрытию подлежат передачи "Попутный разговор", "Как делается Челябинск" и некоторые другие. Из регионального контента на "Эхо Москвы в Челябинске" останутся только новости и прогноз погоды. Это вынужденная мера, связанная с традиционным затишьем июля и августа. Разговорный формат на рекламном рынке не востребован, и поэтому приходится оптимизировать расходы (источник — URL: **http://chel.dk.ru/news/radio-eho-moskvy-v-chelyabinske-sokraschaet-veschanie-236962717** (24.08.15)).

СЕТЕВЫЕ РАДИОСТАНЦИИ

В период с 20 июля по 20 августа 2015 г. был запланирован запуск радиостанции "Радио Дача": в г. Улан-Удэ (Республика Бурятия) — на частоте 91,6 МГц, в с. Усть-Кулом (Республика Коми) — на частоте 100,4 МГц, в г. Игре (Республика Удмуртия) — на частоте 105,9 МГц, в г. Азнакаево (Республика Татарстан) — на частоте 106,5 МГц. В этот же период был запланирован запуск "Love Radio": в г. Худжанде (Республика Таджикистан) — на частоте 88,8 МГц, а также в Московской обл., в г. Коломне — на частоте 88,1 МГц и в г. Егорьевске — на частоте 95 МГц.

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

СЕРБИЯ. "Международное радио Сербии" прекратило свою работу в эфире 31 июля. На сайте радиостанции появилось прощальное обращение сотрудников к своим слушателям: "Уважаемые слушатели, на основании решения правительства Сербии "Международное радио Сербия" (прежнее название "Радио Югославия") 31 июля 2015 г. прекратило свою работу. Таким образом, прервано не только наше плодотворное сотрудничество с вами, но и традиция непрерывного информирования диаспоры и мировой общественности об актуальных событиях, экономических и туристических потенциалах, культуре и традиции Сербии и бывшей Югославии на двенадцати языках с помощью радиопередач, Интернета и вещания через спутник. Мы благодарим Вас за то,

(Окончание см. на с. 35)

Радиоприёмник PL-660 и его доработка. Часть 1

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

Знакомство с PL-660

За год я привык в домашних условиях к качественному приёму в диапазонах ДВ-СВ-КВ с доработанным приёмником TECSUN S-2000. Появилось желание в дальней дороге иметь с собой аналогичный приёмник, но чтобы он был меньшего размера и массы. С такими запросами придётся выбрать не самый простой приёмник. Я решился на приобретение PL-660, так как о нём было слышно много хорошего. Немало повлияло на моё решение наличие синхронного детектора. Бытовые приёмники с DSP, на мой взгляд, ещё "не дотягивают" до качества хорошо налаженных "классических". При этом возникают подозрения, что изготовители специально не налаживают приёмники, чтобы DSP-приёмники на фоне этого звучали лучше.

В публикациях о бытовых приёмниках практически исчезли критические и обоснованные обсуждения "внутренностей", а царит скучное однообразие общих пользовательских характеристик в рекламном стиле. Этой статьёй мы не впишемся в этот хор, даже создадим некоторый диссонанс. Как и для приёмника S-2000, предлагается программа доработки PL-660, в результате которой в ваших руках появится достаточно серьёзный спутник в поездках. Начнём с итогов моей истории этой покупки. За месяц я испытал все чувства: радость, гордость, восхищение, сомнение, разочарование, удивление и снова — радость. Если бы в компании TECSUN научились перепроверять технические решения, налаживать и настраивать свои хорошо продуманные приёмники, не пришлось бы каждый раз проходить такие мучения. В схемах имеются ошибки на уровне начинающего радиолюбителя. Я надеюсь, что для владельцев PL-660 предлагаемый материал будет не только служить познавательной литературой, но и рабочим инструментом, гидом в доработках, а также своеобразной инструкцией по эксплуатации или "последней каплей" в решении о покупке.

Из магазина — в эфир

С утра приятный сюрприз — в приёмнике будильник с музыкой. В УКВ-диапазоне радиостанции с частотным интервалом 200 кГц хорошо разделяются и относительно мало помех для большого города (Москвы). На слух определяю некоторую асимметрию или смещение на 20...30 кГц от ровной сетки 100 кГц. Звучание через встроенный громкоговоритель — сбалансированное и прозрачное, нет необходимости в регуляторе тембра, которого, впрочем, и нет. Подключил Hi-Fi головные телефоны и разочаровался. Тембр сигнала — с огромным перевесом нижних частот, видимо, тракт ЗЧ оптимизирован для хорошего звучания скромного громкоговорителя. Стереодекодер оценивать нет смысла — гул в ритме баса при любой громкости. Напрягает, забудем про головные телефоны..., и мне стало грустно от такой мысли. Ставим "5" для УКВ через громкоговоритель и "3", если с головными телефонами.

На диапазоне AIR принимаются сигналы всех столичных аэропортов, но речь не разборчивая, напрягает приглушённое звучание. По всему диапазону "пробиваются" местные ТВ-сигналы. Я не уверен, что когда-нибудь буду заниматься приёмом авиасигналов этим приёмником, сделано на "3", для галочки.

Днём в диапазонах 19—25 м при приёме мощных радиостанций настройка на слух смещена на 1 кГц, это с узкополосным фильтром ПЧ. А с широкополосным фильтром я вообще не понимаю, на какую частоту настроился. В диапазоне ±8 кГц станции слышны одинаково и не с лучшим качеством. И так уже тяжело определяемый центр не совпадает с узким фильтром на 2...3 кГц. Жёстко ставлю "2" по избирательности и частотной настройке, ведь на дворе 2015 г., а не 1950 г., и эти параметры уже давно считаются базовыми для КВ-приёмников.

Включаю с огромными ожиданиями синхронный детектор, чётко слышно, как его ФАПЧ стремительно "прикрепляется" к несущей. В отличие от многих продвинутых приёмников, эта ФАПЧ синхронизируется в широком диапазоне, но на зло, только в одну сторону — явная неполадка в налаживании. Да и звучание ничем не лучше — то же бубнение. При переключении USB/LSB заметно меняется тембр — признак не налаженных фильтров и гетеродинов. Неопытный слушатель с этим приёмником никогда не поймёт, почему синхронный детектор может быть полезным. Получился он неважно — ставим "3" за формальное функционирование, хотя TECSUN сообщает о синхронном детекторе на корпусе приёмника красной надписью.

В Москве практически всегда на всех радиолюбительских диапазонах есть мощные SSB-сигналы. Поэтому я удивился плохому приёму. Частота сдвинута на 1 кГц, нулевое положение настройки "BFO" соответствует нулевым биениям в диапазоне 20 м, а в диапазоне 80 м — уже не совсем. Но в одну сторону перекрывается диапазон около 5 кГц, в другую — 1 кГц. Это совпадает с отмеченной асимметрией работы синхронного детектора. С миниатюрным потенциометром "BFO" диапазон перестройки 6 кГц слишком велик, тяжело настроиться точно. Интуитивно на слух я не смог настроить приёмник, радуюсь, что хоть что-то слышу. Сочувствую бедным новичкам, которым искажённым образом представится радиолюбительский эфир. При приёме SSB замечаю, что у слабых сигналов приглушены высокие частоты, а более сильные звучат нормально. Это сильно напрягает ещё и потому, что сигналы со средней громкостью заметно искажены. Как ещё в заводском приёмнике S-2000, и в PL-660 от SSB нет у меня восторга. Ставлю "3", поскольку мощные станции принимает хорошо.

Выше 20 МГц чувствительность приёмника заметно снижена, а на диапазоне 10 м приёмник совсем глухой . Это не совсем понятно, структурная схема приёмника не даёт оснований для этого.

Ночной столичный эфир на СВ — "живой", заполнен многими станциями. Снова замечаю, что сигналы принимаются, но как-то приглушаются — также "3". В диапазоне ДВ в Москве на частоте 120 кГц принимается третья программа проводного радио — но это в доработанном S-2000, а в PL-660 почти полная тишина. Даже шума нет. В редких случаях пробиваются помехи. Ставить "2" — это даже слишком много. Наверное, не без причин в меню предлагается деактивация этого диапазона.

Ночью на 41 м приёмник с узким фильтром еле разделяет радиовещательные станции, расположенные через 10 кГц, а с широким слышно сразу три. Даже оценку не хочу ставить, потому что КВ-приёмник 21-го века должен справиться даже с обстановкой, когда станции расположены с шагом 5 кГц.

Включаю диапазон УКВ, ставлю SLEEP на 30 мин и в полусне слышу, когда приёмник отключается. Мда..., вот для чего нужен такой приёмник. За этот день моё восхищение сменилось полным разочарованием. Подтвердилось в очередной раз предположение, что в наши дни техника продаётся и охотно покупается редко по основным техническим, а чаще по хитро преподнесённым рекламным параметрам и наличию множества посторонних функций, которыми в реальности мало кто пользуется.

Конечно, иметь приёмник лучше, чем не иметь. За 150 долл. США не надо ожидать чудес или индивидуального налаживания, но хотя бы его элементарное функционирование должно быть обеспечено. С предоставленным от завода качеством приёма, за исключением УКВ моно (но это уже много лет есть в мобильных телефонах), я не вижу целесообразности покупать и возить этот приёмник с собой в дальнюю дорогу. Но так как я набрал при доработке S-2000 немалый опыт с изделиями TECSUN, тема доработки PL-660 зацепила меня, и я решился на авантюру. В результате мой радиобудильник превратился в карманный всеволновый приёмник, что изначально и было заложено в его концепцию. После доработок PL-660 стал только в мелочах отставать от доработанного "большого брата" S-2000, а в некоторых даже опережать. По сравнению с заводским приёмником PL-880 он работает лучше, хотя тот, безусловно, выигрывает по комфорту с элементами

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 10, 2015



PL-660
www.radio.ru
WA1
D4
D3
C1
X1
"Extern ant."
A1
dB
D2
76...137 МГц
Z1
Z3
Упр. 1...10 В
IC1 TA7358
A7
U1
G2
A9
Z2 30 МГц
A8
D9! (SW)
D9! (AIR)
SW
AIR
"DX / NORMAL / LOC"
A2
dB
A4
D1
Z4
U2
A5
Z5
A6
G1
WA2
MW/LW
Z7 (CF1) 10,7 МГц
A12
Z9 (CF4) 10,7 МГц
Z11 10,7 МГц
Z12 (CF5) 10,7 МГц
Z6 (CF8) 55R08
A11
Z8 (CF6) 55R08
55390 / 55391 кГц
Z10
VR4
VR5
X2
U3 LC72137
PLL
X1 75 кГц
VC1
CF7 3680 кГц
"3640 кГц"
HQ8953SC-1 (MULTI-DETECTOR)
U6
A18
REF
STU
1,28 В
A13
U8
A17
A14
RSSI
К S-метру
A15
U7
G
G3
AGC
U10
RSSI
U9
U5
DETECTOR SSB / SYNC VCO / PLL
Z13 3 кГц
DA1
3 кОм
"BFO"
Z14
RC
"WIDE / NARROW"
S7
Z15 (CF3) 15 кГц !
Z17 (CF2) 6 кГц
S8
Z16
3,3 В
VR6 "SQUELCH"
Q40
C121 10 мк x 10 В
C106 1 мк (?)
C98 330
C97 100 н
C172 1 мк
A3
Блок питания и зарядное устройство
6 В
GB1 3,5...6 В
3,5...6 В
16 В
3,3 В
A10
Блок управления
Управление
S1
C135 68 н
C134 47 н
S2
"TREBLE / BASS"
U4 (IC3) TA7343
DEC
VR3 "76 кГц"
"M/S"
S3
C94
C95 22 н
C93
C96 22 н
S4
A16 CXA1622
C142
C143
VR? "VOL"
Ошибка!
BA1
S5
"MONO / STEREO"
S6
R142 100
R143 100
X2

Рис. 1.1

управления. Большие антенны не для PL-660, ну и не хватало мне в отпуск ещё антенну возить...

Вначале я скептически относился к доработке, мне казалось, что в таком маленьком приёмнике сделать это будет непросто. Но выяснилось, что качество изготовления приёмника позволяет все недоделки красиво и надёжно исправить. Приёмник структурирован в топологии и расположении узлов — все блоки легко найдутся на плате и схему можно легко срисовать. Предлагаемые работы требуют некоторого опыта пайки элементов для поверхностного монтажа от типоразмера 0603 и более. Все дополнительные резисторы и конденсаторы должны быть типоразмера 0805, лучше 0603. Нужны те же инструменты, что и при доработке S-2000. Без поверенного частотомера, измерителя АЧХ и измерительного RC-генератора (синусоидальный сигнал до 1 МГц и треугольник на ЗЧ) хороших результатов не добиться. Не сэкономьте на наборе хороших пинцетов. Также нужен хорошо заточенный короткий нож (резак) для прорезки медных печатных проводников.

Структурная схема

В отличие от "простых" моделей, этот приёмник собран по достаточно сложной схеме (**рис. 1.1**), во многом на уровне S-2000.

Обращаю внимание на хорошие моменты в конструкции, а также на допущенные изготовителем недочёты, определяющие качество приёмника и необходимость доработки.

1. С беспокойством смотрим на узел защиты на диодах D3 и D4, подключённых к телескопической антенне WA1. В таком варианте — это приглашение для помех от электрических устройств и мощных ТВ-станций к перемешиванию в общий интермодуляционный шум.

2. Внешняя антенна при её подключении в разъём X1 заменяет телескопическую. Но заодно отключается узел защиты. **До доработки не следует подключать внешнюю антенну, поскольку есть опасность повреждения входного усилителя (A8)!**

3. Аттенюатор A1 переключается механически (DX/NORMAL/LOC) с затуханием примерно на 0/10/20 дБ. Узел работает во всём диапазоне чисто и точно. В аттенюаторе A2 применён транзистор структуры n-p-n, работающий в резистивном режиме, — у него переключается ток базы. Так как сигнал в этом месте в большинстве случаев не превышает 10 мВ, такое решение редко мешает хорошему приёму. Но вблизи мощных ДВ-СВ-передатчиков этот аттенюатор может полностью заглушить эти диапазоны. Останется загадкой, почему разработчики выбрали такую сложную схему, если с помощью этого же переключателя и двух резисторов можно было бы получить результат лучше.

4. Переключение входных трактов осуществляется диодами. Ток диодов не во всех случаях соответствует требованиям по линейности и затуханию.

5. Диодный коммутатор, как и в S-2000, разнесён по блокам и ловит мешающие сигналы из якобы отключённых диапазонов и диапазона ТВ.

6. В диапазонах УКВ и AIR применён перестраиваемый фильтр (Z1 и Z3) из пяти LC-контуров (как в S-2000). АЧХ фильтра широкая и искажённая.

7. В PL-660 переход сигнала AIR от фильтра к смесителю через усилитель A9 сделан более удачным, чем в S-2000, но также с большим затуханием.

8. Чувствительность приёмника существенно понижена на частотах более 20 МГц. Видимо, плохо настроены ФНЧ Z2 и Z4.

9. На КВ всегда работает усилитель A8, что требует при работе с большими внешними антеннами использования внешнего аттенюатора.

10. Магнитная антенна WA2 — такая же по размерам, как в S-2000. Но по качеству приёма уступает, поскольку экранирована не полностью и поэтому реагирует на приближение руки оператора. Усилитель A4 и аттенюатор A2 имеют существенную ёмкостную составляющую входного сопротивления. Это приводит к возникновению резонанса на частоте 1,5 МГц (полоса шириной 200 кГц), что улучшает приём на этих частотах, чего разработчики схемы широкополосного усилителя A4 с ООС (четыре витка на WA2) изначально хотели избежать. Тем не менее чувствительность и качество приёма на ДВ и СВ (после налаживания основного тракта) вполне удовлетворительны.

11. В усилителе A4 работает полевой транзистор с управляющим p-n переходом (n-JFET) с нулевым смещением. В рабочей точке он имеет максимум по усилению и возможной линейности. Этот усилитель доработке не требует.

12. Первый смеситель U2 собран по проверенной в семействе схеме, но, в отличие от S-2000 и предшественников, в PL-660 работает заметно хуже. Исправить это непросто из-за применения редкого вида ферритового материала, поэтому проще будет доработать узлы вокруг смесителя.

13. Первый гетеродин G1 работает стабильно даже без ФАПЧ, но только после доработки буферных усилителей A5, A6 и ФНЧ Z5.

14. Усилитель A11 первой ПЧ (55854 кГц) собран на полевом транзисторе MOSFET (SMD-версия похожа на транзистор 2SK544) без АРУ. Но его рабочая точка выбрана неудачно, что препятствует хорошему приёму в загруженных диапазонах.

15. Судя по измерениям, последующая за УПЧ A11 микросхема HQ8953SC-1 ("MULTI-DETECTOR") вполне справляется с мощными сигналами и работает до частоты 60 МГц (в отличие от TA2057 в S-2000). Очевидно, поэтому не включили УПЧ A11 в систему АРУ. Для приёмника с телескопической антенной это приемлемо.

16. На УКВ применена микросхема TA7358 (IC1), к сожалению, без экранировки, что в городских условиях обесценивает пятиконтурный фильтр.

17. В тракте УКВ на ПЧ 10,7 МГц применены три пьезофильтра (Z7, Z9 и Z12), и по эффективности это равносильно комбинации из шести LC-контуров, что лучше, чем в S-2000. Ширина сквозной АЧХ на слух на слабом сигнале определена как 180 кГц. Это обеспечивает хорошее подавление соседних каналов и радует поклонников УКВ-DX. Как стало понятно позже, и в режиме STEREO налаженный приёмник работает чисто.

18. Фазовращающий элемент Z11 в ЧМ-детекторе выполнен на LC-контуре. Это хорошее решение, позволяющее нам оптимально отрегулировать качество звучания.

19. Стереодекодер U4 собран на микросхеме TA7343 — классика 90-х годов прошлого века. Он всегда работает (на AM, SSB и в режиме mono), что не очень выгодно с точки зрения энергопотребления, но упрощает схему и уменьшает габаритные размеры платы. В заводском исполнении приём в режиме STEREO (выпуск 2013 г.) доводит до слёз, но об этом читаем далее.

20. Приёмник отключается при снижении напряжения батареи до 3,55 В. До этого момента он работает стабильно (в том числе и на диапазоне 10 м в режиме SSB) и эффективно израсходует заряд четырёх Ni-MH аккумуляторов. Встроенная функция зарядки аккумуляторов очень полезная, но оказалось, что хотя бы каждый пятый раз надо заряжать аккумуляторы в хорошем ЗУ, с полным циклом разрядки—зарядки. Обусловлено это обратной поляризацией одного их четырёх аккумуляторов (самого слабого) под действием общего тока. Этот эффект "выдавливания самого слабого" выражается резким сокращением срока службы всей "четвёрки".

21. В цепях коммутации блока питания применяются полевые транзисторы с p-каналом, даже лучше, чем в S-2000. Но потом на линиях питания теряются до 700 мВ, и заводской приёмник в конце цикла работает заметно хуже.

22. Многие узлы приёмника не нуждаются в стабилизированном напряжении питания. В PL-660 на них поступает напряжение непосредственно с батареи. За счёт этого повышается линейность ВЧ-усилителей. Но "разбег" питания 3,5...6 В всё-таки слишком велик. С полностью заряженными аккумуляторами УПЧ (A11) в тракте первой ПЧ (55845 кГц) после налаживания фильтров стал самовозбуждаться на СВЧ. Поэтому фильтры на заводе, наверное, и не стали настраивать как положено.

23. Основным новшеством в семействе приёмников этой категории стала микросхема (предусмотрительно TECSUN оставил её без надписи на корпусе) под солидным экраном с громким названием MULTI-DETECTOR HQ8953SC-1. В составе её "обвязки" увидим резонатор на "компьютерной" частоте 3,68 МГц. Наверное, отсюда пошли слухи о каком-то DSP в этом приёмнике, но DSP я не обнаружил, всё гораздо проще — это солидная аналоговая классика 90-х годов. При работе на 80 м слышим слабый сигнал на частоте 3640 кГц, который при "бурлящем" ночном эфире мало мешает. В этой микросхеме объединены:

— высокочастотный регулируемый УПЧ (A15);

— преобразователь частоты U7 (55845/455 кГц) с кварцевым гетеродином G3 на частоту 55390/55391 кГц;

— регулируемый УПЧ A17 на частоту 455 кГц;

— АМ-детектор по огибающей (U8), начиная "с собственного шума" он работает линейно;

— фазовый SSB-детектор (U5) с плавной подстройкой частоты ("BFO");

— полноценный синхронный детектор с ФАПЧ (U5) и фазовым подавлением одной из боковых полос, ФАПЧ работает всегда в режиме АМ;

— в режиме SSB и синхронного детектора на выходе работает ФНЧ Z13 с частотой среза 3 кГц;

— коммутатор выходных сигналов U9 с ОУ DA1 на выходе (выходное сопротивление — 3 кОм во всех режимах);

— усилитель-ограничитель A14 для ЧМ на частоту 10,7 МГц (согласован на сопротивление 300 Ом);

— основной УПЧ A13 (входное сопротивление — 300 Ом) и частотный детектор U6;

— общий детектор и усилитель АРУ U10, его быстродействие изменяется при включении режима SSB;

— стабилизатор напряжения 1,28 В (A18) для разных узлов микросхемы.

24. С общего выхода "MULTI-детекторов" сигнал проходит через адаптивный ФНЧ Q40+C97, который при слабом сигнале уменьшает частоту среза. Этот узел создаст искажения и дискомфорт.

25. Как в S-2000, так и здесь, в первой ПЧ (55845 кГц) применены два раздельных кварцевых фильтра Z6 и Z8. Но в отличие от S-2000 (суммарная полоса пропускания — 15 кГц), здесь применены фильтры 55R08, с полосой пропускания 8 кГц каждый, итого — не более 7 кГц (если смогли бы всё правильно настроить). Из хорошего намерения получился плачевный результат.

26. С помощью пьезофильтров Z15 и Z17 якобы переключается полоса пропускания приёмника. Применены один из группы xxx455-I с полосой пропускания 5,5...6 кГц, второй — из группы xxx455-E с полосой пропускания 15...18 кГц! Наверное, это была вынужденная мера из-за не решённых проблем с кварцевыми фильтрами, и это сильно портит параметры приёмника и даже деклассифицирует его.

27. Пьезофильтры Z15 и Z17 переключаются диодами надёжно и с обратным смещением.

28. Второй смеситель U7 работает напрямую на нагрузку 2 кОм (Z16), искажения не замечены.

29. Найдём ещё два знакомых из S-2000 — подстроечные резисторы VR4 и VR5 (в Z10) для подстройки частоты (55390 и 55391 кГц) гетеродина G3. Это признак того, что TECSUN продолжает "искривлять" ФАПЧ и частотный план.

30. Узел ФАПЧ (U3) собран на микросхеме LC72137, как в других приёмниках этого класса.

31. В блоке питания преобразователь напряжения вырабатывает 16 В для питания варикапов в фильтре УКВ/AIR и в ФАПЧ. В отличие от всех других приёмников, применяется не резонансная схема с чистым спектром, а импульсный преобразователь. Помехи от этого преобразователя (970 кГц) слабо слышны на КВ выше 2 МГц, зато "пробиваются" в тракт СВ через антенну WA2. Хорошая топология и экранировка блока спасают приёмник от плачевного результата. В налаженном приёмнике в диапазоне AIR слабо, но чётко, слышим через каждые 970 кГц гармоники преобразователя из спектра зеркального КВ-диапазона. На КВ-шум "живого" эфира покрывает эти помехи. Усилитель (ОУ LM358) сигнала от контролера к варикапам фильтра находится в этом же узле.

32. УМЗЧ собран на микросхеме CXA1622, в котором элегантно переключаются разные режимы работы.

33. Продолжается традиция приёмников этого семейства с переключателем TREBLE/BASS (S3 и S4). После нашей доработки он нужен только для приёма CW, поскольку в остальных режимах будет хороший сигнал, у которого не стоит срезать верхнюю часть спектра.

34. В режиме SSB с помощью переключателей S1 и S2 по ЗЧ должна сужаться полоса пропускания, но сделано это неверно и звучит плохо.

35. Освещение табло излишне яркое. Большие знаки и цифры без освещения в сумерках читаются хорошо.

36. Валкодер работает надёжно, существующий дребезг контактов, видимо, учитывается в ПО контроллера — это заметный шаг вперёд.

Разборка и сборка приёмника

При наличии всех компонентов доработку можно сделать в течение трёх дней. На сайте журнала приводится перечень необходимых для этого электронных компонентов. На платах не все элементы имеют однозначную маркировку. В наших схемах номиналы заводских элементов показаны чёрным, их маркировка на плате — синим, все изменения топологии — красным, а новые (дополнительные) элементы — зелёным.

PL-660 имеет продуманную механическую конструкцию, все узлы хорошо подогнаны — ничего не надо изгибать и "натягивать" при разборке и сборке. При разборке за считанные минуты он превращается в вид, показанный на **рис. 1.2**. Немногим больше потребуется на сборку, но при условии, если все винты-саморезы складывать отдельно по типу и не забывать о месте их установки.

Несмотря на простоту разборки, есть несколько особенностей:

— винты-саморезы надо проверить на наличие пластмассы в резьбе. Её присутствие — признак "перекрутки" на заводе, и чтобы не усугубить состояние резьбы в пластмассовых отверстиях, надо прочистить винты и особенно аккуратно вкручивать при сборке;

— чтобы вынуть плату контроллера (блока управления), надо выкрутить не только пять винтов, но ещё и шестой, который крепит раму с главной платой (рядом с кнопкой RESET) к задней стенке корпуса;

— ось валкодера ориентируют плоским вырезом в сторону дисплея. Под осью установлена ничем не закреплённая опора чёрного цвета, которая "любит" незаметно выпасть на пол;

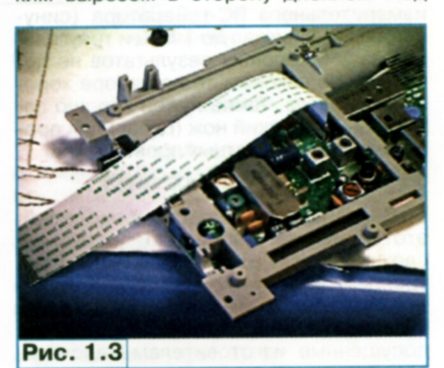

Рис. 1.3

Рис. 1.2

— экран под платой с кнопкой POWER отпаивают от контролера, также отпаивают провода, идущие к громкоговорителю (концы надо изолировать). Я работал с головными телефонами, так как громкоговоритель без корпуса плохо воспроизводит частоты менее 500 Гц, и звуковые дефекты плохо заметны;

— штыревую антенну отпаивают, а для проверочных работ припаивают отрезок провода длиной несколько сантиметров.

Для удобства во время проведения работ для стыковки платы приёмника с контроллером потребуется дополнительный плоский шлейф из 20 проводов с шагом 1 и длиной 150 мм (**рис. 1.3**).

При сборке также есть несколько особенностей, которые могут в последний момент дать о себе знать, и придётся опять всё раскрутить. Вот мой список "граблей в огороде" во время неоднократных разборок—сборок:

— проверка правильности установки круглых контактов для аккумуляторов, иначе в конце сборки корпус не закрывается;

— проверка пайки всех экранов;

— не прижимать антенный провод, а сложить его в отсек от магнитной антенны;

— плату разъёма для внешнего источника питания прикрутить;

— винт-саморез для крепления внутренней рамки в углу возле кнопки RESET завинчивают после установки контроллера;

— не забыть про выдвижную "ногу", она ещё при разборке любит незаметно падать на пол и исчезать из поля зрения;

— установить заводской короткий шлейф на главную плату;

— ось валкодера устанавливают плоской частью в сторону дисплея;

— проверить фиксатор под валкодер, он также любит незаметно упасть, его можно "приклеить" к плате вазелином или силиконовой смазкой;

— на плате контроллера один винт-саморез короче остальных — ему место у кнопки SSB;

— припаять экран под платой с кнопкой POWER;

— подключить шлейф к контроллеру;

— припаять выводы громкоговорителя, проверить наличие изоляционной ленты над "лежащим" конденсатором 1C143;

— перед закрытием прочистить кистью весь приёмник от пыли и других посторонних предметов, стекло дисплея и окно корпуса протереть мягкой тряпкой, установить пылезащитную рамку дисплея, чтобы она попала в фиксаторы крышки;

— надо учесть, что два винта-самореза для закрытия корпуса в аккумуляторном отсеке отличаются по длине от других и могут повредить резьбу в других местах.

Отсутствующие контакты и короткие замыкания

Через неделю эксплуатации кнопка POWER перестала действовать, пришлось её заменить. Чуть позже вышло из строя гнездо для подключения головных телефонов. После изъятия штекера 3,5 мм контакт для включения громкоговорителя срабатывал не сразу, а спустя несколько минут. Как выяснилось при вскрытии, внутрь корпуса гнезда попал флюс. Разъём удалось спасти. После аккуратной разборки (без лишней силы), промывки в спирте, чистке салфеткой и просушки в течение дня разъём был собран. Перед установкой его надо проверить на исправность.


Рис. 1.4


Рис. 1.5

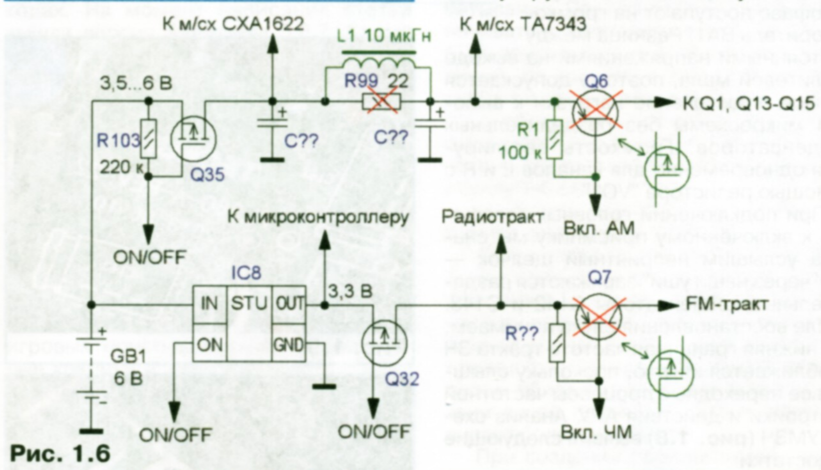


Рис. 1.6

Иногда пропадает приём в АМ-диапазонах, вместо этого включаются узлы УКВ-тракта. Причина — в топологии платы. Дело в том, что под заземлённой металлической рамкой переменного резистора "BFO" проходит медный провод питания АМ-узлов и небольшое механическое воздействие на плату или резистор вызывает между ними замыкание. Для устранения неисправности под крепление переменного резистора была подложена жёсткая фольга толщиной 0,1 мм.

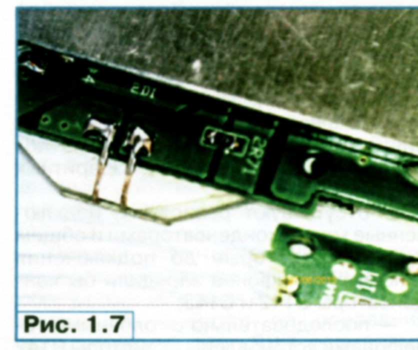
Крепёжный винт в центре платы может замыкать контактную площадку резистора для поверхностного монтажа на общий провод. Надо под винт подложить изолирующую шайбу или срезать медное кольцо под винтом.

Дроссель индуктивностью 0,47 мкГн в ФНЧ (Z5) гетеродина (под экраном AM-VCO) неудачно установлен на плате, в моём приёмнике он был повреждён механически и вышел из строя (**рис. 1.4**). Напряжение сигнала гетеродина, поступающее на смеситель, было всего 90 мВ, приёмник вроде работает, но чувствительность заметно снижена. Дроссель надо заменить и установить, как показано на **рис. 1.5**.

Доработка цепей питания

Мой приёмник PL-660 работает при снижении напряжения батареи аккумуляторов до 3,55 В. Все "важные" узлы приёмника получают питание от стабилизатора напряжения 3,3 В. Контроллер работает при напряжении выше 1,8 В. Стереодекодер, УПЧ на транзисторе Q1, первый смеситель и УВЧ питаются нестабилизированным напряжением. От линии питания для УМЗЧ напряжение на них поступает через резистор R99 = 22 Ом (**рис. 1.6**). При потребляемом токе 30 мА на этом резисторе падает напряжение 0,66 В. Замена резистора R99 дросселем для поверхностного монтажа (0805) индуктивностью 3...10 мкГн и активным сопротивлением не более 2 Ом не вызвала отрицательных явлений. Зато стереодекодер стал получать напряжение более 3,5 В, что указано в документации как минимум для его стабильной работы.

В необязательном порядке рекомендую заменить транзисторы Q6, Q7 (структура p-n-p) полевыми IRLML5302. Они коммутируют питание всех узлов АМ и УКВ-трактов, и мы выиграем ещё около 70 мВ. Потребуется также установка резистора R1 (типоразмер 0603, сопротивление 47...100 кОм) непосредственно у транзистора Q6.


Рис. 1.7

На светодиоде подсветки (жёлтого цвета) падает напряжение 1,7 В. Он питается напряжением 3,3 В через резистор 2R71 = 100 Ом, который и задаёт ток потребления около 15 мА. Скорее всего, светодиод перегружен по току, кроме

того, при токе 2 мА уже создаётся достаточная яркость для чтения табло в темноте. Поэтому удалим этот резистор и установим другой, сопротивлением 820 Ом (**рис. 1.7**). После этой доработки при разряженных аккумуляторах уже не происходит выключение приёмника в момент включения подсветки табло.

Доработка тракта ЗЧ

Можно было думать, что за полвека развития полупроводниковых УМЗЧ все ошибки уже сделаны и остались далеко позади, но, видимо, каждое поколение радиоинженеров проходит эту "кухню" по полной программе, со всеми "ожогами". В схеме УМЗЧ приёмника PL-660 найдём всю "классику жанра" по нарушению элементарных правил.

Микросхема CXA1622 специально разработана для таких приёмников и существенно упрощает схемотехнику. Без головных телефонов контакт S6 разомкнут и микросхема CXA1622 работает в режиме MONO (см. рис. 1.1). При этом внутри неё входные сигналы суммируются (L+R) и выходные сигналы двух усилителей в противофазе поступают на громкоговоритель BA1. Разница между постоянными напряжениями на выходе усилителей мала, поэтому допускается прямое подключение нагрузки к выводам микросхемы без разделительных конденсаторов. Громкость регулируется одновременно для каналов L и R с помощью резистора "VOL".

При подключении головных телефонов к включённому приёмнику мы сначала услышим неприятный щелчок — это "через наши уши" заряжаются разделительные конденсаторы C142 и C143. После восстановления слуха понимаем, что нижняя граничная частота тракта ЗЧ приближается к нулю, поскольку слышны все переходные процессы частотной настройки и действия АРУ. Анализ схемы УМЗЧ (**рис. 1.8**) выявил следующие недостатки:

— громкоговоритель (сопротивление 16 Ом) подключён к выходам микросхемы CXA1622 через два разделительных конденсатора C142 и C143 ёмкостью по 470 мкФ. В результате получается нижняя частота полосы пропускания около 40 Гц, но микросхема позволяет работать без этих габаритных конденсаторов;

— отсутствуют резисторы, подключённые между конденсаторами и общим проводом, которые до подключения головных телефонов зарядили бы конденсаторы C142 и C143;

— последовательно с головными телефонами установлены резисторы R142 и R143 сопротивлением по 100 Ом, и в результате нижняя частота полосы пропускания оказалась 2,5 Гц. Только слоны с чувствительностью к инфразвуку оценили бы это;

— при подключении головных телефонов на конденсатор C143 поступает напряжение обратной полярности. Это может вызвать его постепенное разрушение и порчу приёмника от разлитого электролита.

Эти недостатки устраняются просто. Громкоговоритель с выключателем S1 подключают непосредственно к выходам микросхемы УМЗЧ. А конденсаторы заменяют другими, ёмкостью 47 мкФ, в результате для головных телефонов получим нижнюю граничную частоту 25 Гц. Резисторы R2 и R3 решают проблему зарядки конденсаторов.

Работы проводят в следующей последовательности. Удаляют конденсаторы C142 и C143, при этом на плате "всплывёт" маркировка с неправильной полярностью установки конденсатора C143 (**рис. 1.9**). Перерезают печатный проводник, идущий к выключателю S1 в телефонном гнезде (**рис. 1.10**). Взамен удалённых конденсаторов устанавливают другие, ёмкостью по 47 мкФ, при этом надо учесть правильную полярность установки конденсатора C143.

Провода, идущие от громкоговорителя, подключают напрямую к микросхеме. Новый длинный изолированный провод без пайки(!) проводят через очищенное отверстие, отмеченное на плате SP+ (**рис. 1.11** и **рис. 1.12**).

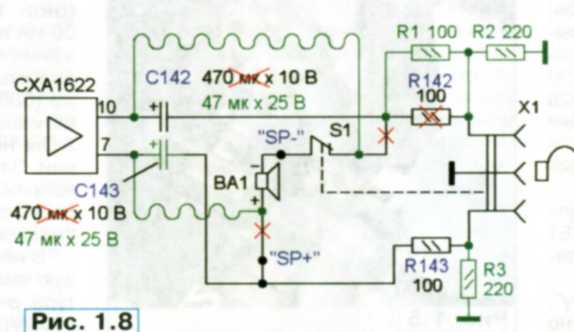


Рис. 1.8

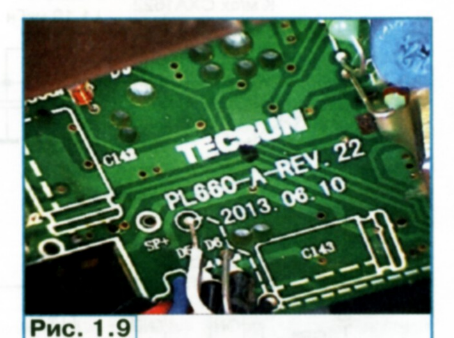
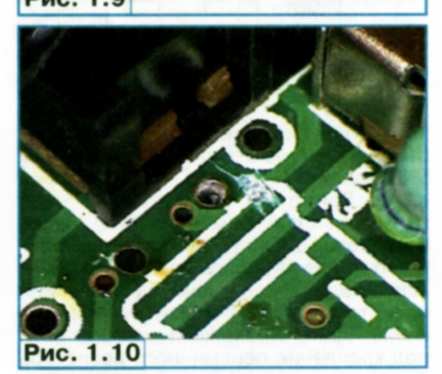
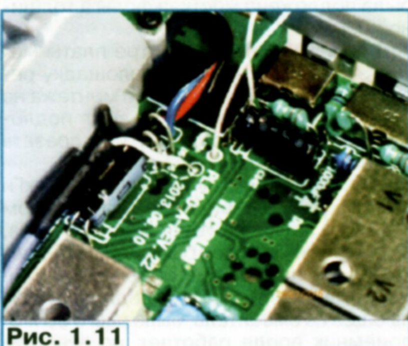


Рис. 1.9


Рис. 1.10


Рис. 1.11

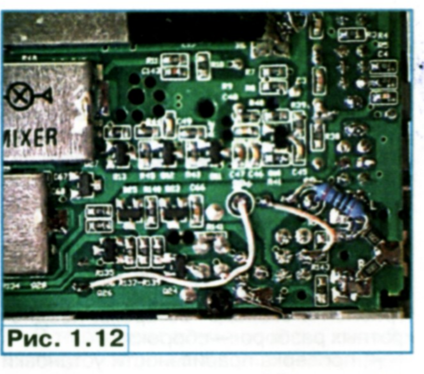


Рис. 1.12

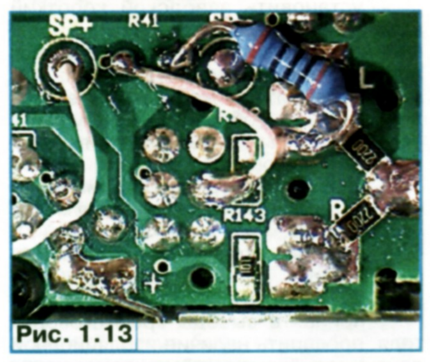


Рис. 1.13

Устанавливают резисторы R2 и R3, взамен SMD-резистора R142 устанавливают выводной резистор R1 (**рис. 1.13**).

Согласование УМЗЧ со стереодекодером

УМЗЧ на микросхеме CXA1622 в приёмнике PL-660 перегружен входным сигналом, по этой причине возникает хрюканье в ритме баса. "MULTI-DETECTOR" "выдаёт" сигнал с размахом до 1,5 В. Стереодекодер (микросхема TA7343) работает без искажений при входном комплексном стереосигнале размахом до 1,8 В. В PL-660 на выходах L и R присутствует по 0,85 В, а вот микросхема CXA1622 допускает на входе сигнал размахом не более 400 мВ. Получилась "нестыковка" на 6 дБ — вот и причина искажений.

Выходы L и R микросхемы TA7343 — токовые и установкой резисторов сопротивлением 0...3,3 кОм на общий провод можно получить желаемый уровень сигнала. Поэтому при замене резисторов R98 и R101 (на рис. 1.1 не показаны) на другие, сопротивлением 1,2 кОм, этот недостаток устраняется. Теоретически при этом надо заменить конденсаторы C95 и C96 (по 22 нФ) корректирую-

щего ФНЧ для УКВ на другие, ёмкостью 39 нФ. Но чтобы не "портить" звучание при АМ и SSB, я оставил заводской вариант, что создаёт в этом узле верхнюю границу полосы пропускания 6 кГц.

В провинции это сработает хорошо. Но в столице радиостанции УКВ привлекают слушателей повышенным индексом модуляции, громким и агрессивным сигналом вне нормы. Поэтому московским владельцам придётся поставить резисторы не более 1 кОм.

Стереодекодер

Функция приёма STEREO вообще не работает в заводском исполнении (маркировка — PL-660-A-REV22 2013 г.) несмотря на индикацию на дисплее. Причина — ошибка в схеме. Подключив к приёмнику головные телефоны, я не смог добиться стереофонического звучания вообще! После двух дней поиска "неисправности" я чуть не сошёл с ума и решил купить микросхемы TA7343 и провести их исследование. Собрал стереодекодер в соответствии с документацией, и он прекрасно работал сигналом от PL-660. Индикаторный светодиод включился при наличии стереосигнала, каналы пошли раздельно. В документации указано, что стерео выключается замыканием фильтра на выводе 7, что и применяется в PL-660. Но нет ни слова о режимах на выводе 6. Оказалось, что декодер включится, если нагрузка индикатора подключена и её ток превышает 0,8 мА (снято экспериментально). При этом токе на выводе 6 напряжение увеличивается до 0,8 В и полностью исчезают импульсы частотой 38 кГц. С учётом минимального напряжения питания 3,5 В и с запасом я установил между выводами 3 и 6 выводной резистор сопротивлением 2,7 кОм (**рис. 1.14**), на что мой PL-660 среагировал правильно и "выдал" приличное стереозвучание.

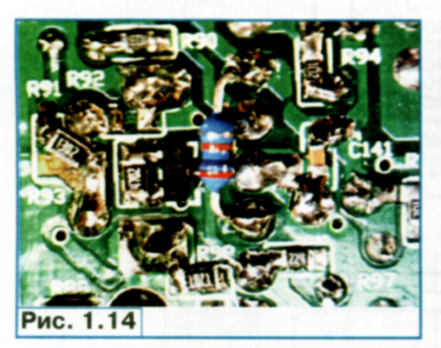


Рис. 1.14

Важное замечание. Перед установкой резистора необходимо проверить и установить подстроечным резистором VR3 ("76 кГц") импульсы на выводе 6 микросхемы TA7343 частотой 38 кГц, их размах — около 0,6 В. При этом между выводом 1 и общим проводом надо временно установить конденсатор ёмкостью 0,1 мкФ для подавления входного шума от ЧМ-детектора при отсутствии радиосигнала.

ФНЧ шумоподавителя

В 70-е годы прошлого века активно внедрялась система DOLBY, суть которой состоит в том, что при отсутствии полезного сигнала в тракте сужается полоса пропускания со стороны высоких частот, что снижает энергию шума в несколько раз. В результате у слушателя создаётся приятное субъективное впечатление, что устройство не шумит. В приёмнике PL-660 разработчики перестарались с функцией автоматического шумоподавления. Если при приёме ЧМ нежелательный шум хорошо и уместно подавляется, то для АМ и SSB такое действие напрягает наше восприятие, а функция не отключается. Принцип действия шумоподавителя — простой. Инверсный сигнал индикации уровня ВЧ-сигнала управляет транзистором Q40 (см. рис. 1.1). При отсутствии ВЧ-сигнала транзистор замыкает НЧ-сигнал на общий провод через конденсатор C97. Этот конденсатор вместе с внутренним сопротивлением источника сигнала (3 кОм) образует ФНЧ с частотой среза около 500 Гц. Поэтому слабые сигналы приглушены. Переход из одного состояния в другое — плавный, и в полуоткрытом состоянии транзистор сильно искажает сигнал ЗЧ. Поэтому все SSB-сигналы и слабые АМ-сигналы становятся неразборчивыми.

Я беспощадно убрал конденсатор C97 (**рис. 1.15**), после чего окончательно исчезло "хрюканье", которое особенно было заметно с головными телефонами. Была идея уменьшить ёмкость конденсатора C97 до 1...2,2 нФ и тем самым подавить при приёме стереосигналов на УКВ спектр с частотой более 23 кГц (L-R), если радиосигнал слабый. Но амплитуда сигнала L-R тоже не малая, и транзистор Q40 его также искажает. Поэтому приёмник без конденсатора C97 только выиграет.

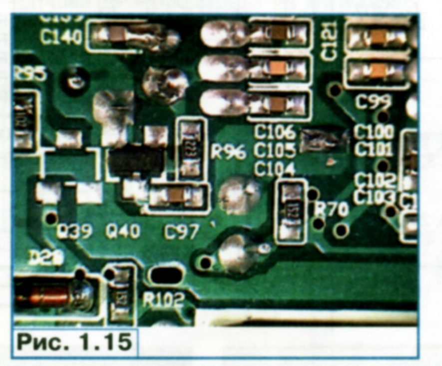


Рис. 1.15

АЧХ в режиме SSB

В режиме SSB на выходе MULTI-детектора присутствует сигнал с большим уровнем на низкой частоте (вблизи нулевых биений) и наблюдается очень сильный линейный спад АЧХ, начиная ещё со средних частот. Это — признак "перебора" с ёмкостями конденсаторов в ФНЧ. Оказывается, что в режиме SSB коммутируются два конденсатора на входе микросхемы TA7343 (см. рис. 1.1). Выключателем S1 (КМОП-ключ на микросхеме IC5) — конденсатор C135 (68 нФ), а выключателем S2 (полевой транзистор Q46) — конденсатор C134 (47 нФ). Оба конденсатора совместно с выходным сопротивлением 3 кОм образуют ФНЧ с частотой среза 1,9 кГц. Но разработчики не учли высокое входное сопротивление микросхемы TA7343 (33 кОм) и влияние ФНЧ на выходе стереодекодера и ошиблись в номиналах конденсаторов, завысив их в 2...3 раза. После замены этих конденсаторов на C134 = 15 нФ и C135 = 22 нФ получилась приемлемая АЧХ по ЗЧ для SSB с нижней граничной частотой 200 Гц (было 65 Гц) и верхней — около 6 кГц. Совместно с ФНЧ на выходе микросхемы TA7343 получился спад АЧХ на частоте около 4 кГц (было 1,5 кГц) и приятное звучание в режиме SSB.

Но в этом узле схемы есть ещё один нюанс. Микросхема IC5 питается напряжением 3,3 В, а её ключ подключён напрямую ко входу микросхемы TA7343. При напряжении питания 6 В на этом выводе присутствует напряжение до 2,8 В, и в сумме с сигналом оно может достичь 3,5 В. При напряжении 3,8 В открываются защитные диоды микросхемы IC5, да и ключ работает не совсем в правильном режиме. Но я не смог зафиксировать на осциллографе искажений, поэтому оставил всё как есть.

При приёме АМ и ЧМ конденсатор C172 = 1 мкФ (см. рис. 1.1) обеспечивает нижнюю частоту среза 4 Гц. Я заменил его другим ёмкостью 0,33 мкФ, что заметно уменьшило слышимость переходных процессов при перестройке по частоте. Новая частота среза 12 Гц оставляет весь полезный спектр сигнала "живым". В отличие от АМ-передатчиков прошлого века, где модуляция осуществлялась с помощью трансформатора в анодной цепи, в современных для питания усилителя мощности применяется источник питания с ШИ-регулированием. Поэтому эти станции могут передать модуляцию теоретически с нулевой частоты, и есть смысл это учесть в тракте ЗЧ приёмника. В PL-660 и S-2000 можно отрегулировать живое звучание низких частот в режиме АМ, а из PL-880 на АМ в головных телефонах слышен "мёртвый пыльный бас", видимо, DSP программировали мерками прошлого века.

После "уборки" в тракте ЗЧ мы услышим все дефекты радиочастотного тракта приёмника, а их очень много. Их устранением займёмся в следующей части и наладим работу приёмника в диапазонах ДВ-СВ-КВ-AIR. При этом много сказанного про доработку S-2000 пригодно к применению.

***От редакции.** Упомянутые в статье и некоторые другие материалы о приёмнике PL-660 находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/10/PL660-1.zip** на нашем FTP-сервере.*

РАДИО®

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 608-83-05

Карманный осциллограф до 1 МГц

А. ПИЧУГОВ, р. п. Варгаши Курганской обл.

Заменив в карманном осциллографе, описанном в [1], микроконтроллер PIC16F873A на PIC18F4550 [2, 3], а операционный усилитель К140УД608 на микросхему аналогового видеоинтерфейса TDA8708A [4], удалось уменьшить длительность развёртки в 150 раз, до 21 мкс на всю ширину экрана, а максимальную частоту входного сигнала увеличить до 1 МГц. Это значительно расширило возможности осциллографа.

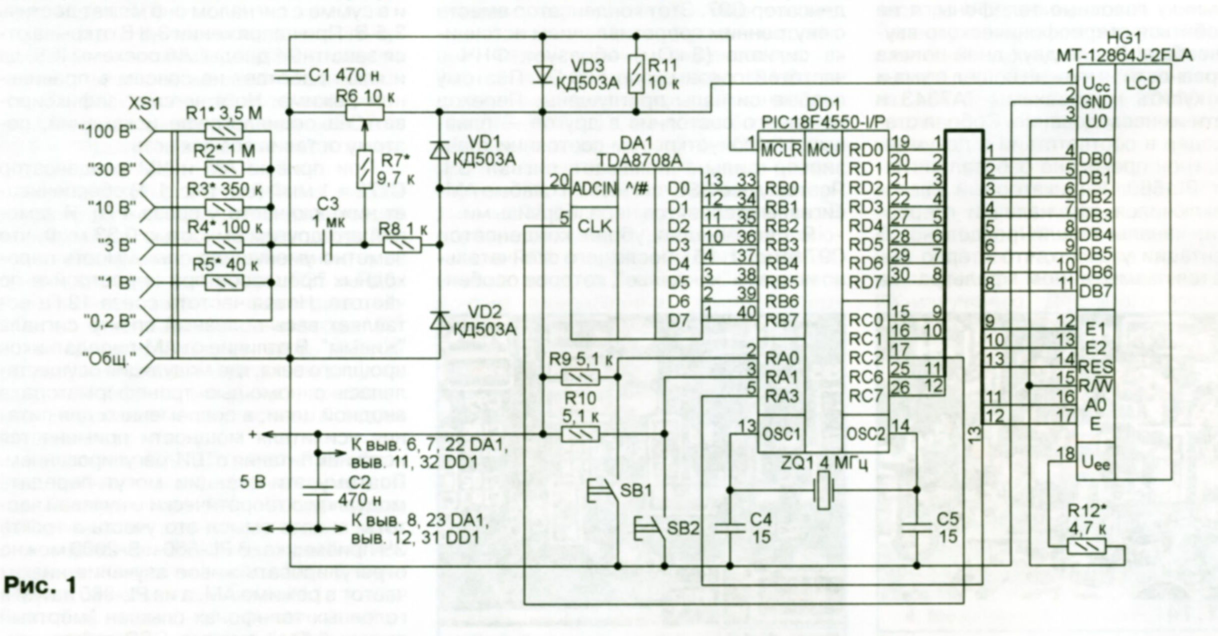
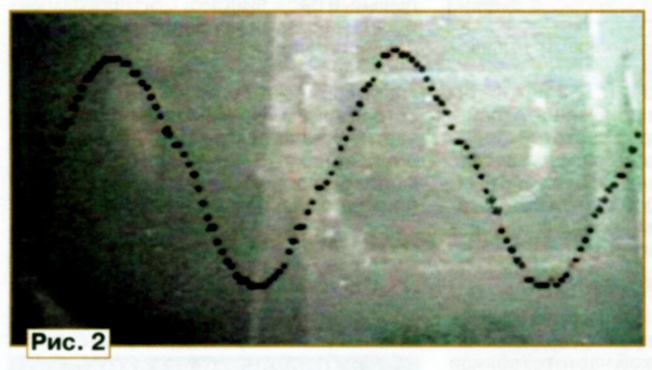


Рис. 1


Рис. 2

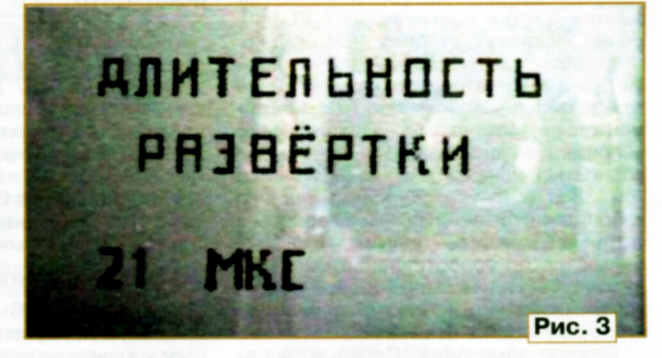


Рис. 3

Основные технические характеристики

Напряжение отклонения луча на всю высоту экрана, В . . .0,2; 1; 3; 10; 30; 100

Максимальная частота исследуемого сигнала, МГц 1

Длительность горизонтальной развёртки, мкс . . . . 21, 170, 1000, $10\cdot10^3$, $30\cdot10^3$, $100\cdot10^3$, $300\cdot10^3$, 10^6

Разрешение экрана, пкс . . . . . .128×64

Напряжение питания, В 5

Потребляемый ток, мА 115

Размеры, мм . . . . .80×62×30

Масса, г 110

Схема осциллографа изображена на **рис. 1**. Входной сигнал поступает на вывод 20 (ADCIN — вход АЦП) микросхемы DA1 (TDA8708A). Для запуска её АЦП микроконтроллер DD1 формирует на выводе 17 тактовые импульсы. Двоичные коды отсчётов сигнала поступают на порт B микроконтроллера DD1, который согласно программе записывает их в оперативную память, а затем отображает на графическом ЖКИ HG1 в виде осциллограммы. Общее описание ЖКИ MT-12864J-2FLA можно найти в [5], а о его использовании прочитать в [6].

На **рис. 2** изображена осциллограмма сигнала частотой 100 кГц. Переменным резистором R6 смещают линию развёртки по вертикали, устанавливая её в наиболее удобное для наблюдения осциллограммы положение. Подборкой резистора R12 добиваются наилучшей контрастности изображения на экране ЖКИ.

Развёртка осциллографа работает в режиме однократного запуска нажатием на кнопку SB1. Нажимая на кнопку SB2, изменяют длительность развёртки. После каждого нажатия этой кнопки на экран некоторое время выводится значение новой длительности развёртки (**рис. 3**).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пичугов А.** Карманный осциллограф. — Радио, 2013, № 10, с. 20, 21.
2. PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet. — URL: **http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf** (22.04.15).
3. **Яценков В. С.** Микроконтроллеры Microchip с аппаратной поддержкой USB. — М.: Радио и связь, 2008.
4. TDA8708A. Video analog input interface. — URL: **http://doc.chipfind.ru/pdf/philips/tda8708a.pdf** (21.05.15).
5. Жидкокристаллический модуль MT-12864J. — URL: **http://www.melt.com.ru/files/file2150172.5.pdf** (22.04.15).
6. **Милевский А.** Использование графического ЖКИ MT-12864A с микроконтроллером фирмы MicroChip. — Радио, 2009, № 6, с. 28—31.

***От редакции**. Программа микроконтроллера имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/10/osc4550.zip** на нашем FTP-сервере.*

FLProg — система визуального программирования для Arduino

С. ГЛУШЕНКО, г. Москва

Начав статью с обзора существующих средств разработки программ для нашедших широкое применение в профессиональных и любительских разработках микроконтроллерных модулей Arduino, автор подробно рассказывает об одной из них — FLProg, предназначенной для пользователей, специализирующихся в электротехнике и электронике, но не владеющих языками программирования. Все предписанные программе действия изображают в этой системе наглядными и привычными для таких специалистов условными графическими обозначениями.

Официальную среду разработки программ для модулей Arduino предлагают пользователям под названием Arduino IDE (**рис. 1**). Программирование в ней происходит на языке Processing/Wiring — диалекте языка C (скорее, C++). Среда представляет собой, по сути, обычный текстовый редактор с возможностью трансляции текста программы в машинные коды и их загрузки в микроконтроллер модуля. Альтернатива Arduino IDE — предназначенная для микроконтроллеров семейства AVR интегрированная среда AVR Studio (**рис. 2**). Она служит для разработки и отладки программ на языке ассемблера, но к ней можно подключить и компилятор языка C. В 2006 г. она сменила название на Atmel Studio.

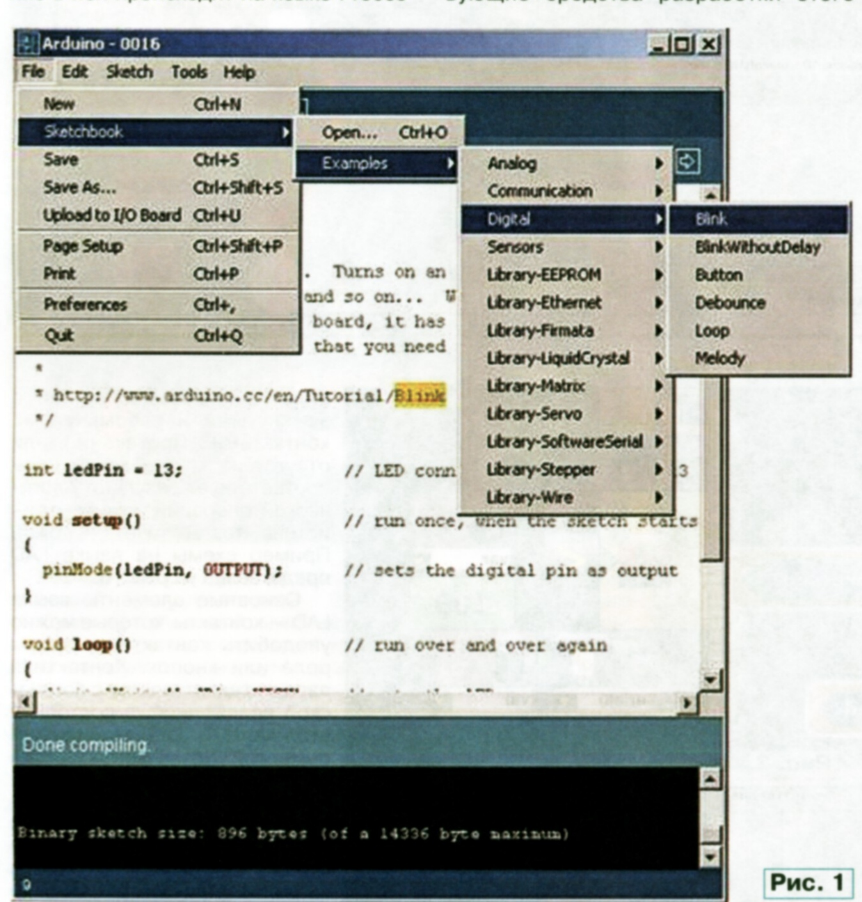


Рис. 1

С появлением визуальных языков программирования на них охотно переключились не только радиолюбители, но и многие профессионалы. Существующие средства разработки этого типа условно можно разделить на три вида:

1. Средства расширенного форматирования обычного исходного текста разрабатываемой программы. Её по-прежнему пишут на языке C, но в более наглядном формате. Сейчас таких средств очень много. Самые яркие примеры: Scratch, S4A, Ardublock. Они хороши для начального обучения программированию на языке C, поскольку отлично показывают структуру и синтаксис этого языка. Но большие серьёзные программы получаются громоздкими. На **рис. 3** показан пример программы на языке Scratch.

2. Средства, скрывающие текст и заменяющие его графическими символами. В них также повторяется структура языка программирования высокого уровня, формируются циклы, переходы, условия. Эти средства тоже очень хороши для первоначального обучения построению алгоритмов с последующим переходом к программированию на классических языках. Но они плохо подходят для построения больших проектов ввиду громоздкости получаемых структур. Примеры таких средств — miniBloq, Algorithm Builder, Flowcode. На **рис. 4** показан пример программы, разработанной в среде miniBloq.

3. Средства, основанные на языках FBD и LAD, применяемых в промышленной автоматике. Строго говоря, языки программирования, как таковые, в них не используются. Это, скорее всего, визуальные среды для рисования принципиальных и логических схем проектируемых устройств. Примеры схем вычислительных алгоритмов, построенных с помощью сред проектирования Horizon и FLProg, показаны соответственно на **рис. 5** и **рис. 6**. Тем, кто привык работать с цифровой техникой, больше понравится работать в этих средах, чем разрабатывать программы на классических языках программирования. Подобные средства хорошо подходят как для изучения импульсной и релейной техники, так и для создания серьёзных проектов. В них сконцентрирован многолетний опыт разработчиков программ для промышленных контроллеров. Но начальный уровень знаний, требующийся для использования таких средств, значительно выше. Нужно владеть основами электротехники и принципами построения электрических схем. Эти средства хороши для инженеров-электриков и электронщиков, которые хотят использовать микроконтроллеры в своих разработках, не изучая для этого классические языки программирования.

Рассматриваемая далее программа FLProg основана на языках программирования FBD и LAD.

FBD (Function Block Diagram) — графический язык программирования стандарта МЭК 61131-3. Программа представляет собой список цепей, заполняемый последовательно сверху вниз. Цепи образуют из библиотечных блоков. Блок (элемент) — это подпрограмма, функция или функциональный блок (И, ИЛИ, НЕ, триггер, таймер, счётчик, блок обработки аналогового сигнала, математическая операция и т. д).

Каждую цепь составляют из отдельных блоков, подключая на экране компьютера к выходу каждого блока вход следующего. Внутри цепи программа выполняет блоки строго в порядке их соединения. Результат, полученный на выходе последнего блока цепи, программа записывает во внутреннюю переменную или подаёт на выход контроллера. Пример визуального представления программы на языке FBD показан на **рис. 7**.

LAD (Ladder Diagram) — язык релейной (лестничной) логики, известный также под названиями LD и РКС.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

AVR Studio - C:\Users\vladimir\Documents\test\test.c

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#define F_CPU 16000000UL

int main( void )
{

DDRB |= 1<<5;

while(1)

PORTB |= 1<<5;
_delay_ms(5000);
PORTB &= ~(1<<5);
_delay_ms(5000);

return 0;
}
```

```
(.text + .data + .bootloader)

Data:         0 bytes (0.0% Full)
(.data + .bss + .noinit)

Build succeeded with 0 Warnings...
```

Рис. 2

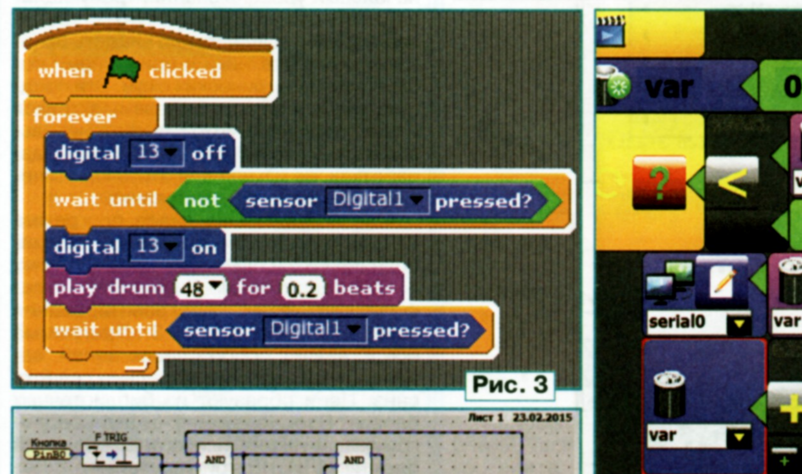


Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

Синтаксис этого языка удобен для описания логических узлов, выполненных на релейной технике. Язык ориентирован на специалистов по автоматике, работающих на промышленных предприятиях. Он обеспечивает наглядное отображение логики работы контроллера, облегчающее не только собственно программирование и ввод системы в эксплуатацию, но и быстрый поиск неполадок в подключаемом к контроллеру оборудовании. Программа на языке релейной логики имеет наглядный и интуитивно понятный инженеру-электрику вид, представляя логические операции в виде электрических цепей с замкнутыми и разомкнутыми контактами. Протекание или отсутствие тока в такой цепи соответствует результату логической операции (ток течёт — истина, ток не течёт — ложь). Пример схемы на языке LAD представлен на **рис. 8**.

Основные элементы языка LAD — контакты, которые можно уподобить контактным парам реле или кнопок. Контактная пара отождествляется с логической переменной, а состояние этой пары — со значением переменной. Различают нормально замкнутые и нормально разомкнутые контактные элементы. Их можно сопоставить с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми кнопками в электрических цепях.

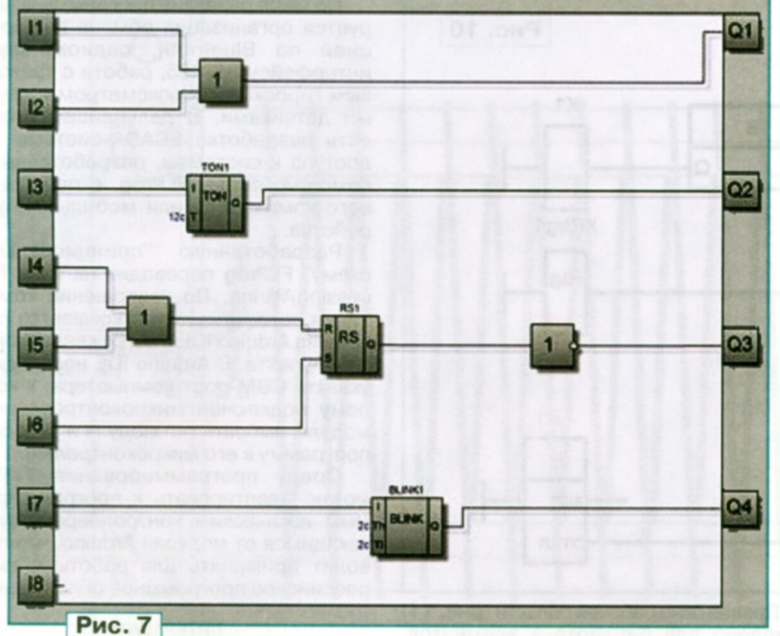


Рис. 7

I1 I2 Q1
цепь (Network)
I3
Входной элемент
Выходной элемент
I4 T1 SD 0s 200ms
T1 I5 Q2 S
Линии питания

Рис. 8

Такой подход оказался очень удобным для лёгкого вхождения инженеров-электриков в разработку систем автоматики. Разрабатывая проекты установок, они могут легко привязать их функционирование к алгоритмам работы контроллера. При обслуживании установок на объекте очень важно, чтобы обслуживающий персонал мог легко проверить работу системы, найти и устранить проблему, не вызывая при этом по каждому пустяку программиста из "центра". Сегодня с помощью подобных средств разработки создают почти все системы промышленной автоматики.

Построенная на этих представлениях система разработки программ FLProg работает с микроконтроллерными модулями Arduino. Эти модули очень удобны для быстрой разработки и отладки устройств, что важно не только радиолюбителям, но и весьма полезно, например, в школьных кружках и в учебных лабораториях. Одно из преимуществ — не требуется программатор. Достаточно подключить модуль Arduino к компьютеру и загрузить подготовленную программу непосредственно из среды разработки.

В настоящее время существует богатый выбор как различных вариантов микроконтроллерных модулей Arduino (**рис. 9**), так и дополняющих их модулей, например, датчиков и исполнительных устройств. Кроме того, в Интернете (например, на сайте **http://robocraft.ru/**) можно найти огромное число готовых проектов на основе этих модулей и адаптировать их под свои нужды.

В настоящее время система FLProg работает со следующими версиями модулей: Arduino Diecimila, Arduino Duemilanove, Arduino Leonardo, Arduino Lilypad, Arduino Mega 2560, Arduino Micro, Arduino Mini, Arduino Nano (ATmega168), Arduino Nano (ATmega328), Arduino Pro Mini, Arduino Pro (ATmega168), Arduino Pro (ATmega328), Arduino UNO. Недавно в списке появилась и плата Intel Galileo gen2. В дальнейшем предполагается пополнение и этого списка, возможно, и добавление модулей, основанных на микроконтроллерах STM.

Для создания FLProg был использован опыт программистов фирм Siemens, ABB, Schneider Electric и наработки в их средах программирования. При этом был несколько расширен классический функционал языков для работы с промышленными контроллерами путём добавления функциональных блоков, отвечающих

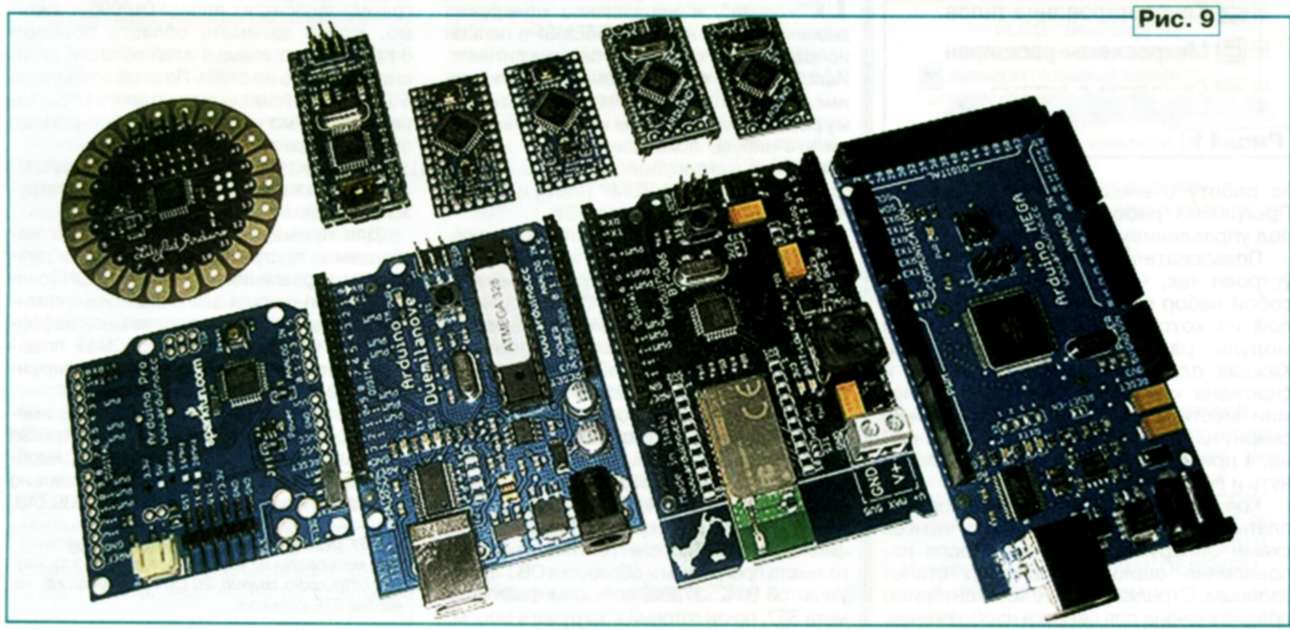


Рис. 9

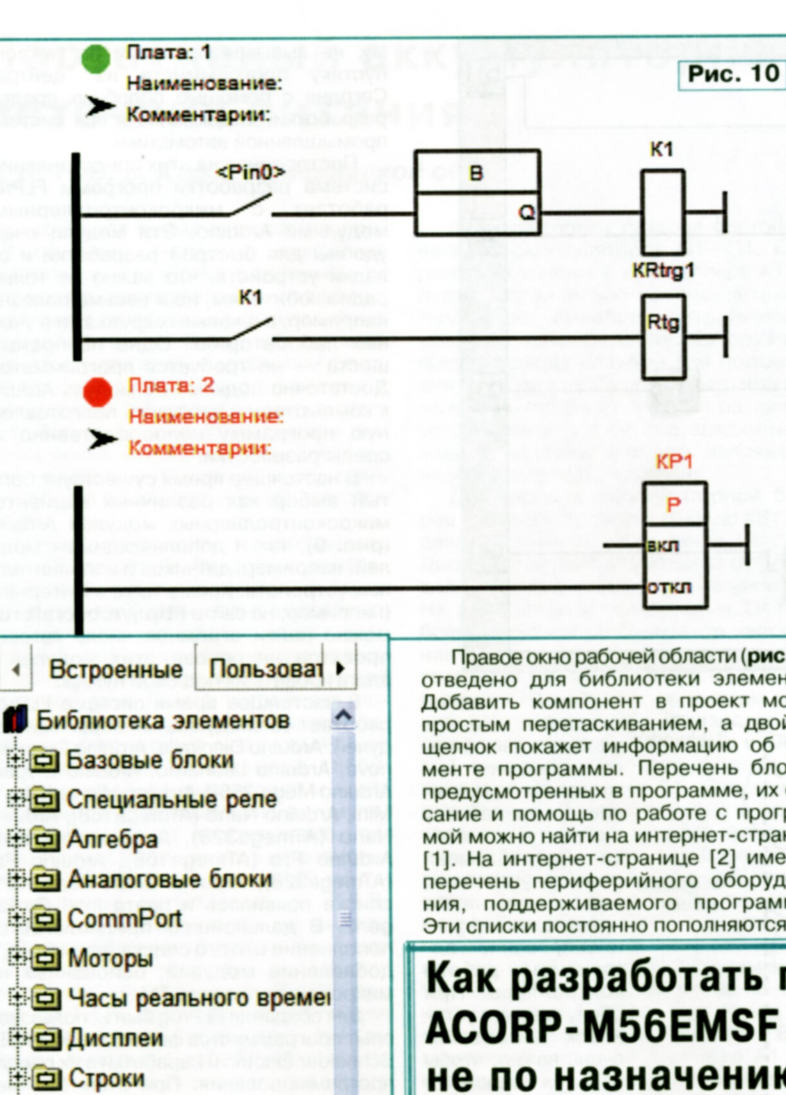


Рис. 10

Рис. 11

за работу с внешними устройствами. Программа работает на компьютерах под управлением ОС Windows и Linux.

Пользовательский интерфейс FLProg устроен так, что проект представляет собой набор виртуальных плат, на каждой из которых собран законченный модуль разрабатываемой системы. Каждая плата имеет наименование и снабжена комментариями. Для экономии места в рабочей зоне её можно свернуть, если работа над ней закончена, а при необходимости вновь развернуть и внести коррективы.

Красный индикатор у наименования платы на **рис. 10** указывает на то, что в её схеме обнаружены ошибки. После исправления ошибок индикатор станет зелёным. Стрелка рядом с комментарием предназначена для свёртки изображения.

Правое окно рабочей области (**рис. 11**) отведено для библиотеки элементов. Добавить компонент в проект можно простым перетаскиванием, а двойной щелчок покажет информацию об элементе программы. Перечень блоков, предусмотренных в программе, их описание и помощь по работе с программой можно найти на интернет-странице [1]. На интернет-странице [2] имеется перечень периферийного оборудования, поддерживаемого программой. Эти списки постоянно пополняются.

По мере развития программы планируется организация обмена информацией по Bluetooth, радиоканалу и интерфейсу RS-485, работа с трёхосевым гироскопом, люксметром и другими датчиками. В дальнейших планах есть разработка SCADA-системы для доступа к системам, разработанным с помощью среды FLProg, с персонального компьютера или мобильного устройства.

Разработанную "принципиальную схему" FLProg переводит на язык Processing/Wiring. По завершении компиляции автоматически открывается программа Arduino IDE с загруженным скетчем проекта. В Arduino IDE необходимо указать COM-порт компьютера, к которому подключён микроконтроллерный модуль, выбрать тип модуля и загрузить программу в его микроконтроллер.

Среду программирования FLProg можно адаптировать к программируемым логическим контроллерам, отличающимся от модулей Arduino, что позволит применять для работы с ними российское программное обеспечение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Создание Help-а для программы FLProg. — URL: **http://flprogwiki.ru/wiki/index.php?title=%D0%A1%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_Help-%D0%B0_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D1%8B_FLProg** (23.06.15).

2. Применяемое в проекте оборудование. — URL: **http://flprog.ru/FLProg/pid218088913/vdi194000369** (23.06.15).

Как разработать программу для модема ACORP-M56EMSF для его использования не по назначению

С. ЖУРАВЛЁВ, г. Сафоново Смоленской обл.

Перебирая свои запасы компьютерного "железа", я неожиданно обнаружил внешний модем ACORP-M56EMSF в полной исправности с кабелем и блоком питания. Использовать его по назначению уже не имело смысла, выбрасывать жалко, поэтому решил посмотреть, не найдётся ли внутри что-нибудь полезное. Вскрыв модем, обнаружил микропроцессор L2800, микросхему MODEM DATA PUMP (MDP) и, конечно, перепрограммируемое ПЗУ.

Отыскал в Интернете описание микропроцессора и рекомендации по записи информации в ПЗУ. Нашлись также дизассемблер и дополнительные утилиты. Стало ясно, что этот модем вполне можно использовать как программатор микросхем памяти. А может быть, попробовать писать для него программы? Жаль, что ассемблера нет ...

Но здесь помог универсальный ассемблер TASM, в котором можно самому описывать любые нужные машинные команды. На базе команд процессора 6502 и сведений о микропроцессорах L2800 и R65C29 был подготовлен и включён в библиотеку ассемблера TASM276 файл TASM39.TAB. После трансляции исходного текста программы и обработки OBJ-файла утилитой BIN2S37.EXE получаем файл формата S37, почти готовый к загрузке в модем.

Дело в том, что в память модема программа заносится с адреса 0x8000 и, видимо, может занимать область объёмом 8 Кбайт. Ниже и выше этой области записывать ничего не стоит. По этой причине из S37-файла с помощью текстового редактора необходимо удалить нулевые строки до строки с адресом 0x8000:

```
S3150000800078A2FF9AA200BD1780F0085F3CFD853874
```

Отредактированный файл можно загружать в модем.

Для примера были разработаны неувядаемая программа "Hello world" и программа управления светодиодом ON (снятие трубки) с помощью клавиатуры терминала. Надеюсь, что собранная мной информация о модеме ACORP-M56EMSF поможет читателям, желающим поэкспериментировать с ним.

Учтите, что в программе RE39.EXE имеется ошибка — оператор STA с кодом 0x9d занимает не три, а два байта памяти. Необходима ручная корректировка. Неправильно работает оператор RBA в файле TASM39.TAB.

***От редакции.** Все предоставленные автором материалы по модему находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/10/modem.zip** на нашем FTP-сервере.*

Сварочный аппарат

Е. ГЕРАСИМОВ, станица Выселки Краснодарского края

Особенность представленного в статье трансформаторного сварочного аппарата постоянного тока — электронная регулировка сварочного тока с помощью управляемого тринисторного выпрямителя. При соответствующей мощности питающей электросети аппарат пригоден для сварки покрытыми электродами диаметром до 4 мм.

Аппарат для сварки изделий из чёрных металлов весьма полезен в домашней мастерской. В продаже имеется много таких аппаратов, но они довольно дороги. Дешёвые же обеспечивают только переменный сварочный ток, что ухудшает качество сварки. Регулируют сварочный ток таких аппаратов перемещением обмоток трансформатора или переключением их секций, а это снижает срок службы аппарата и оперативность работы с ним. Предлагаемый сварочный аппарат лишён этих недостатков.

Основные технические характеристики

Напряжение питания, В 230
Потребляемый ток, А 24
Пределы регулирования сварочного тока, А ....40...160
Напряжение холостого хода, В 80
Продолжительность нагрузки, % 60

Схема силовой части аппарата представлена на **рис. 1**. Его основой служит трансформатор Т1, имеющий две вторичные обмотки. Четыре секции обмотки III и тринисторы VS1 и VS2 образуют управляемый двухполупериодный выпрямитель. По сравнению с мостовым он обладает более высоким КПД, требует меньшего сечения провода вторичной обмотки и содержит меньше выпрямительных элементов (тринисторов).

Регулируют и стабилизируют сварочный ток изменением угла задержки включения тринисторов. На выходе выпрямителя имеется дроссель L2, обеспечивающий устойчивое горение дуги и облегчающий её зажигание [1].

На диодном мосте VD1 собран выпрямитель для подпитки дуги. Его выходное напряжение — около 80 В. Необходимость в нём вызвана следующими причинами: во-первых, при больших углах задержки открывания тринисторов основного выпрямителя дуга горит очень неустойчиво, а во-вторых, для облегчения её зажигания к электродам необходимо подвести максимально возможное напряжение. Однако, согласно требованиям [2], оно не должно превышать 80 В. На выходе вспомогательного выпрямителя также имеется дроссель L1. Резистор R2 ограничивает ток этого выпрямителя примерно до 7 А (при горящей дуге). В случае "залипания" электрода ток увеличивается до 12 А.

Охлаждение аппарата — принудительное, посредством вентилятора М1. Как показывает практика, тринисторы нагреваются не очень сильно и без вентилятора, но его применение позволяет увеличить относительную продолжительность работы под нагрузкой (ПН) и облегчить тепловой режим аппарата, что благоприятно сказывается на его надёжности.

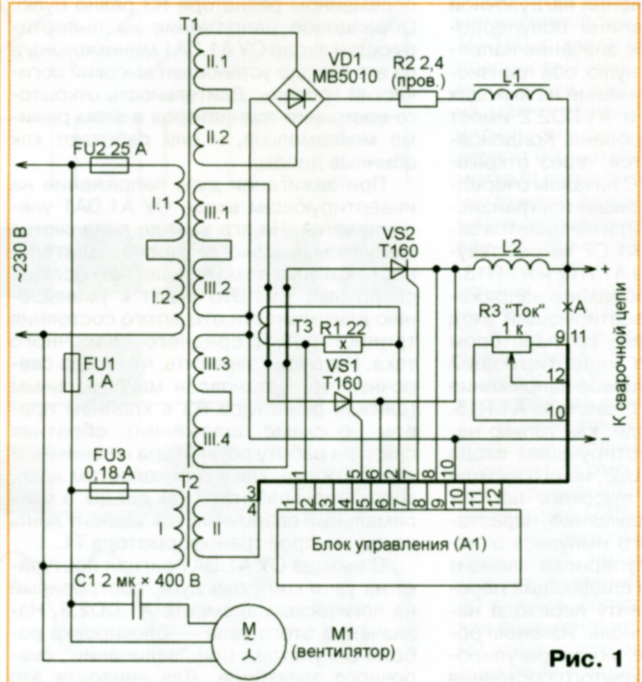


Рис. 1

Блок управления А1 формирует сигналы управления тринисторами и обеспечивает стабилизацию сварочного тока, датчиком которого служит трансформатор тока Т3. По сути, блок представляет собой фазоимпульсный регулятор с обратной связью по току нагрузки. К его достоинствам можно отнести отсутствие гальванической связи с тринисторами выпрямителя, а также то, что формируемые им импульсы поступают на управляющий электрод каждого тринистора только при положи-

Приём статей: mail@radio.ru тел. 607-88-18
Вопросы: consult@radio.ru

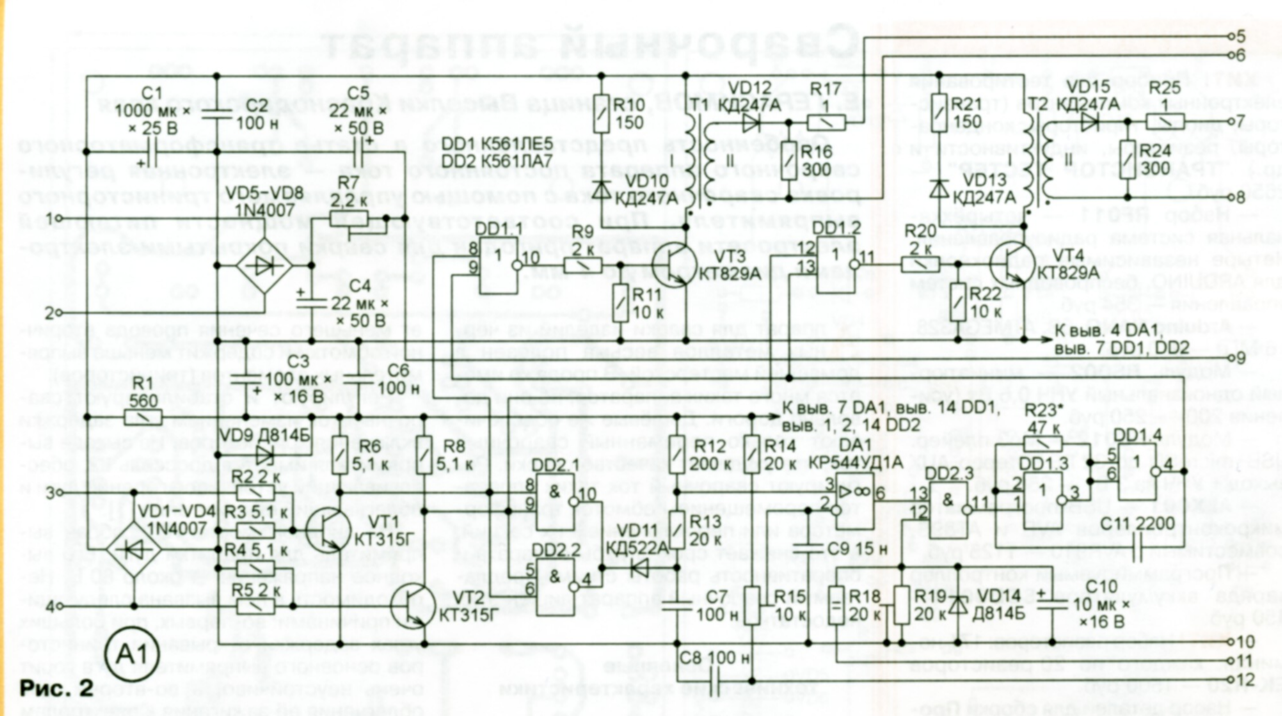


Рис. 2

тельном относительно катода напряжении на его аноде. Следует оговориться, что последнее свойство блока управления использовано лишь частично из-за наличия дополнительного выпрямителя подпитки дуги. Питается блок управления от трансформатора T2.

Схема блока A1 представлена на **рис. 2**. На транзисторах A1.VT1 и A1.VT2 выполнен узел синхронизации с сетевым переменным напряжением, причём каждый из транзисторов открывается только в "своём" полупериоде. Импульсы с коллекторов транзисторов управляют генератором пилообразного напряжения на логических элементах A1.DD2.1 и A1.DD2.2, включённых параллельно для увеличения нагрузочной способности. На границе полупериодов, когда мгновенное значение напряжения в сети близко к нулю, оба транзистора закрыты, а напряжение на выходах элементов A1.DD2.1 и A1.DD2.2 имеет низкий логический уровень. Конденсатор A1.C7 разряжается через открывшийся диод A1.VD11. С началом очередного полупериода открывается транзистор A1.VT1 (или A1.VT2) и начинается зарядка конденсатора A1.C7 током, текущим через резисторы A1.R12 и A1.R13.

Полученное пилообразное напряжение подано на неинвертирующий вход ОУ A1.DA1, служащего компаратором напряжения. На его инвертирующий вход поступает образцовое напряжение $U_{обр}$ с подстроечного резистора A1.R15. В каждом полупериоде, как только напряжение на неинвертирующем входе ОУ A1.DA1 превысит $U_{обр}$, на его выходе появляется импульс высокого логического уровня. Запаздывание нарастающего перепада этого импульса относительно начала полупериода зависит от напряжения $U_{обр}$, а спадающий перепад привязан к моменту перехода напряжения сети через ноль. Изменяя образцовое напряжение, можно регулировать длительность открытого состояния тринисторов, а следовательно, и мощность в нагрузке.

Пропорциональное сварочному току напряжение обратной связи на резисторе R1 выпрямляет диодный мост A1.VD5—A1.VD8. Выпрямленное напряжение поступает на переменный резистор R3, служащий регулятором этого тока. Подстроечным резистором A1.R15 устанавливают минимальное значение напряжения срабатывания компаратора, когда движок переменного резистора R3 находится в положении, соответствующем максимальному сварочному току.

Пока сварочный аппарат работает в режиме холостого хода, напряжение на переменном резисторе R3 равно нулю. Образцовое напряжение на инвертирующем входе ОУ A1.DA1 минимально, а на его выходе установлен высокий логический уровень. Длительность открытого состояния тринисторов в этом режиме максимальна, и они работают как обычные диоды.

При зажигании дуги напряжение на инвертирующем входе ОУ A1.DA1 увеличивается. На его выходе появляются импульсы высокого уровня, длительность которых тем меньше, чем больше сварочный ток. Это ведёт к уменьшению длительности открытого состояния тринисторов и среднего сварочного тока. Нетрудно заметить, что когда сварочный ток установлен максимальным (движок резистора R3 в крайнем правом по схеме положении), обратная связь на работу регулятора не влияет. В этом режиме, как и при холостом ходе, тринисторы работают как диоды, а максимальный сварочный ток зависит лишь от параметров трансформатора T1.

С выхода ОУ A1.DA1 сигнал поступает на узел контроля дуги, построенный на логическом элементе A1.DD2.3. Назначение этого узла — блокировка работы регулятора при "залипании" сварочного электрода. Для аппарата это практически режим короткого замыкания. На вывод 12 элемента A1.DD2.3 подано напряжение с делителя A1.R18, A1.R19, которое стабилитрон A1.VD14 ограничивает до безопасного для микросхемы значения (около 9 В). Пока нагрузка аппарата — сварочная дуга, напряжение на выводе 12 элемента A1.DD2.3 соответствует высокому логическому уровню, поэтому уровень напряжения на выходе этого элемента инвертирован относительно установленного на выходе ОУ A1.DA1. Когда на выходе ОУ высокий уровень, низкий уровень с выхода элемента A1.DD2.3 разрешает работу генератора импульсов частотой около 5 кГц на элементах A1.DD1.3 и A1.DD1.4.

При "залипании" электрода напряжение на выходе аппарата резко падает. На выходе элемента A1.DD2.3 уровень становится высоким, запрещая работу генератора. Подача открывающих импульсов на тринисторы прекращается. В таком состоянии аппарат будет находиться до тех пор, пока не будет устранено короткое замыкание. Подстроечным резистором A1.R19 устанавливают напряжение срабатывания узла контроля дуги.

Этот узел можно использовать и для управления сварочным аппаратом с помощью кнопки [1]. Чтобы реализовать эту возможность, следует разорвать цепь вывода 11 блока управления в точке A (см. рис. 1) и установить в разрыв кнопку с нормально разомкнутыми контактами. Тогда управляемый выпрямитель станет работать только при удержании этой кнопки нажатой, а блокировка аппарата при "залипании" электрода сохранится.

Пачки импульсов с выхода генератора, а также импульсы с коллекторов транзисторов A1.VT1 и A1.VT2 поступают на логические элементы ИЛИ-НЕ A1.DD1.1 и A1.DD1.2. Высокий уровень появляется на выходе того элемента, на обоих входах которого уровень низкий.

На **рис. 3** представлены эпюры напряжения в различных точках схемы блока управления, а также на выходе аппарата (под нагрузкой).

Выходные сигналы элементов A1.DD1.1 и A1.DD1.2 усиливают транзисторы A1.VT3 и A1.VT4, нагруженные первичными обмотками разделительных трансформаторов A1.T1 и A1.T2. Для защиты транзисторов от ЭДС самоиндукции первичные обмотки трансформаторов зашунтированы диодно-резистивными цепями A1.R10, A1.VD10 и A1.R21, A1.VD13.

Блок управления собран на печатной плате, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита в соответствии с чертежом на **рис. 4**. В нём применены постоянные резисторы МЛТ и подстроечные резисторы СП3-38г. Конденсаторы — К73-17, оксидные — любого типа на соответствующее напряжение, например К50-35. Транзисторы КТ315Г можно заменить любыми маломощными кремниевыми транзисторами структуры n-p-n, а КТ829А — КТ972А, КТ972Б. Диоды 1N4007 заменяются на КД105В, КД247А — на КД226А. Вместо диодного моста MB5010 допускается установить четыре отдельных диода на ток не менее 25 А, например, серии Д132. Тринисторы Т160 могут быть заменены другими, рассчитанными на ток 160 А и более, например, Т171-200, Т123-200. При замене следует учитывать конструктивные особенности тринисторов и их охлаждения.

Микросхемы серии К561 можно заменить их функциональными аналогами из серий К176 или КР1561, а микросхему КР544УД1А — любым ОУ с высоким входным сопротивлением.

Двигатель вентилятора — трёхфазный АВ-042-2МУЗ мощностью 40 Вт. Можно использовать вентиляторы и с другими двигателями.

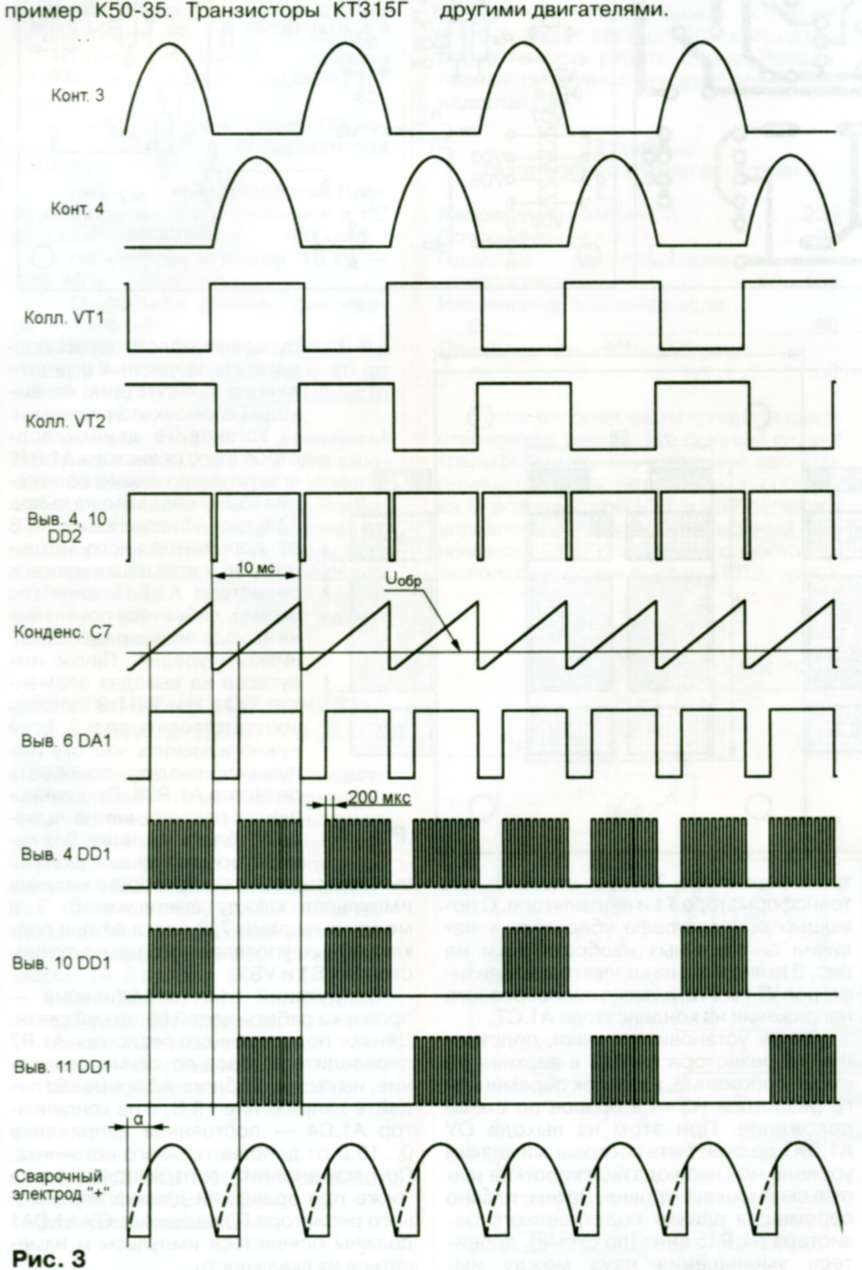


Рис. 3

Трансформатор T1 изготовлен в соответствии с рекомендациями, изложенными в [3]. Его магнитопровод набран из П-образных пластин электротехнической горячекатаной стали толщиной 0,5 мм, собранных вперекрышку. Его размеры, форма и расположение секций обмоток показаны на **рис. 5**. Обмотки трансформатора — дисковые [3]. Ширина зазора между обмотками II и III значения не имеет.

Обмотка I состоит из двух секций по 100 витков медного провода диаметром 3 мм. Обмотка II имеет две секции по 38 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,8 мм. Обмотка III разделена на четыре секции по 20 витков медной шины 2×9 мм. В качестве изоляции использована лента шириной 20 мм из хлопчатобумажной ткани.

Секции каждой обмотки расположены на разных кернах магнитопровода (секции обмотки III — попарно). Их номера имеются на рис. 5. Все они бескаркасные, намотаны на деревянных оправках. Чтобы витки не расползались, их фиксируют тканевой лентой с обязательной последующей пропиткой лаком.

Трансформатор T2 использован готовый с напряжением на обмотке II 10...12 В при токе нагрузки не менее 150 мА. Трансформатор тока T3 намотан на половине магнитопровода ШЛ16×20, стянутой хомутом из жести толщиной 0,2 мм. Чтобы не делать лишних соединений, в качестве его первичных обмоток (по одному витку каждая) использованы выводы обмотки III трансформатора T1. Вторичная обмотка трансформатора T3 имеет 300 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,4 мм.

Трансформаторы T1 и T2 блока A1 намотаны на магнитопроводах Б26 из феррита 2000НМ без немагнитного зазора. Обмотка I содержит 150 витков, а обмотка II — 100 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,18 мм.

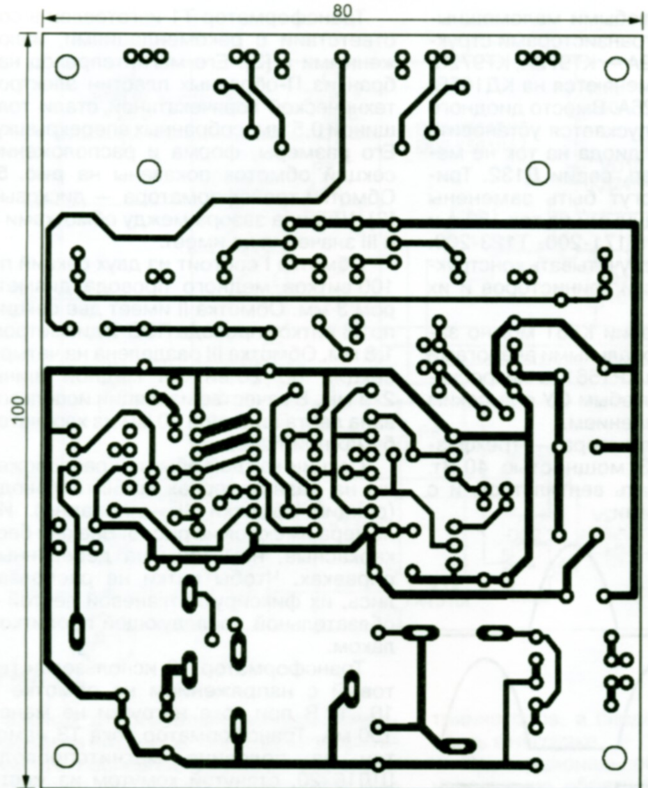
Обмотка дросселя L1 намотана на магнитопроводе от трансформатора ТС-180 с немагнитным зазором 1 мм проводом ПЭВ-2 диаметром 1,8 мм до заполнения окна. Дроссель L2 намотан на магнитопроводе ШЛ32×40 с немагнитным зазором 1 мм. Его обмотка содержит 60 витков той же шины, что и обмотка III трансформатора T1. В качестве материала немагнитных прокладок в магнитопроводы дросселей использован текстолит толщиной 0,5 мм.

Резистор R1 — импортный проволочный. Можно применить отечественные С5-35 (ПЭВ) или С5-37 мощностью 10 Вт либо соединить параллельно пять резисторов МЛТ-2 номиналом 110 Ом.

Резистор R2 изготовлен из нихромового провода диаметром 1 мм и длиной 1,7 м, намотанного на керамические трубки от диодных столбов КЦ109А, как показано на **рис. 6**. Был испытан вариант параллельного соединения шести резисторов ПЭВ-30 по 18 Ом. При "залипании" электродов они сильно перегреваются, но поскольку это режим кратковременный, такой перегрев можно считать допустимым. В любом случае рекомендуется поместить резистор R2 для лучшего охлаждения в поток воздуха от вентилятора.

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



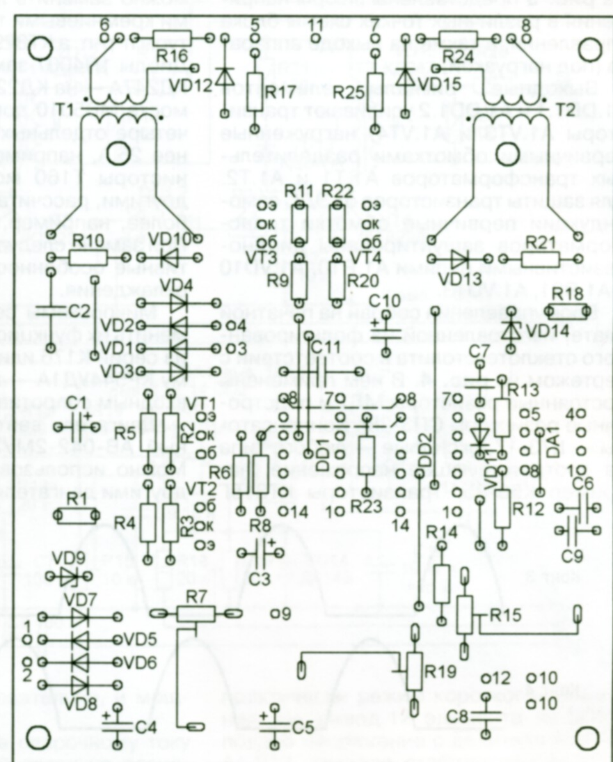


Рис. 4

Если бесполезное рассеивание мощности на резисторе R2 нежелательно, его можно удалить из аппарата, ограничив ток вспомогательного выпрямителя согласно рекомендациям [1], с помощью батареи соединённых параллельно конденсаторов. Её включают последовательно с обмоткой II трансформатора T1 и диодным мостом VD1. Для такой батареи пригодны конденсаторы МБГП суммарной ёмкостью 240 мкФ. Переменный резистор R3 — СП-I группы А.

Тринисторы должны быть установлены на стандартные охладители (теплоотводы). Диодный мост MB5010 снабжают отдельным теплоотводом с эффективной охлаждающей поверхностью около 300 см². Транзисторы КТ829А в теплоотводах не нуждаются.

Корпус аппарата может быть любым. В авторском варианте все детали аппарата размещены на раме из уголков, согнутых из листовой стали толщиной 2 мм. Кожух аппарата изготовлен из стального листа толщиной 0,8 мм. Передняя и задняя стенки кожуха выполнены из сварной проволочной сетки с ячейками размерами 10×10 мм. Металлический корпус необходимо заземлить.

Для налаживания аппарата требуются осциллограф и регулируемый источник постоянного напряжения 0...12 В, а также мультиметр. Налаживание следует начинать с тщательной проверки правильности монтажа. Убедившись в отсутствии ошибок, подайте на выводы 3 и 4 блока А1 напряжение с обмотки II трансформатора T2 при отключённых трансформаторе T1 и вентиляторе. С помощью осциллографа убедитесь в наличии аналогичных изображённым на рис. 3 импульсов на коллекторах транзисторов VT1 и VT2, а также пилообразного напряжения на конденсаторе A1.C7.

Далее установите движок подстроечного резистора A1.R15 в верхнее по схеме положение, а движок переменного резистора R3 — в правое по схеме положение. При этом на выходе ОУ A1.DA1 должен быть постоянный низкий уровень или наблюдаться короткие импульсы высокого уровня. Затем, плавно перемещая движок подстроечного резистора A1.R15 вниз (по схеме), добейтесь уменьшения пауз между импульсами вплоть до их полного исчезновения и постоянного присутствия на выходе ОУ высокого уровня.

Установите движок подстроечного резистора A1.R19 в верхнее по схеме положение. Затем подайте на вывод 11 блока А1 напряжение +8 В от дополнительного источника и, перемещая движок резистора A1.R15 вниз (по схеме), добейтесь появления на выходе элемента A1.DD2.3 низкого уровня. Пачки импульсов на выходах элементов DD1.1 и DD1.2 должны соответствовать рис. 3. Если нужно изменить частоту импульсов, следует подобрать резистор A1.R23. При уменьшении напряжения на выводе 11 блока А1 ниже 8 В генератор импульсов должен выключаться. Далее проверьте наличие импульсов между выводами 5, 6 и между выводами 7, 8 блока А1 при подключённых управляющих цепях тринисторов VS1 и VS2.

Следующий этап налаживания — проверка работы цепей обратной связи. Движок подстроечного резистора A1.R7 переведите в левое по схеме положение, на вывод 11 блока А1 временно подайте напряжение +9 В, а на конденсатор A1.C4 — постоянное напряжение 0...10 В от дополнительного источника. При изменении этого напряжения, а также при вращении движка переменного резистора R3 на выходе ОУ A1.DA1 должны появляться импульсы и изменяться их скважность.

Рис. 5

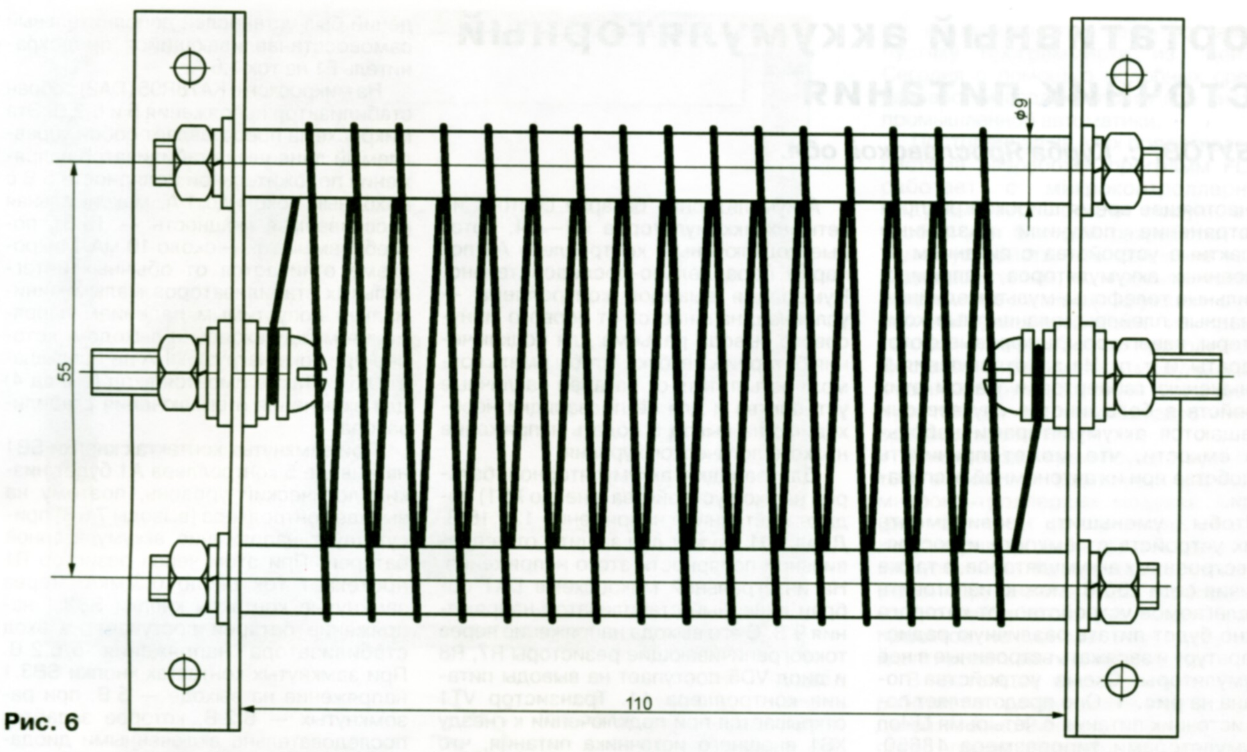


Рис. 6

Установите движок резистора R3 в крайнее правое (по схеме) положение. К выходу аппарата подключите лампу накаливания на 36 В мощностью не менее 20 Вт. Временно отключите дроссель L1 и соедините первичную обмотку трансформатора Т1 с сетью. При этом лампа должна загореться. В противном случае следует поменять местами выводы 3 и 4 блока А1. Подавая на конденсатор A1.C4 напряжение от дополнительного источника, проверьте работу регулятора тока. При увеличении напряжения на этом конденсаторе яркость свечения лампы должна уменьшаться.

Проверьте, в нужную ли сторону вращается вентилятор. Чтобы изменить направление его вращения, необходимо поменять местами любые два из трёх его выводов. Ток двигателя не должен превышать максимально допустимого значения.

Далее отключите дополнительный источник напряжения, подключите согласно схеме дроссель L1 и вывод 11 блока А1. К выходным зажимам аппарата подключите через амперметр на 200 А сварочные кабели, установите движок переменного резистора R3 в положение минимального тока и включите аппарат. Зажгите дугу и подстроечным резистором A1.R7 установите в сварочной цепи ток около 40 А. Затем, контролируя ток по амперметру, проградуируйте шкалу переменного резистора R3.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Богданов А.** Электронное управление сварочным током. — Радио, 2006, № 4, с. 36—38.
2. ГОСТ 95-77. Трансформаторы однофазные однопостовые для ручной дуговой сварки. Общие технические условия. — URL: **http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10478/** (24.06.15).
3. **Володин В.** Сварочный трансформатор: расчёт и изготовление. — Радио, 2002, № 11, с. 35, 36; № 12, с. 38, 39.

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

(Окончание. Начало см. на с. 17)

что Вы слушали и доверяли нам на протяжении почти 80 лет..."

В отличие от многих радиостанций, которые, прекращая свою работу в эфире, оставались в Интернете либо продолжали трансляции через спутники, в данном случае правительство Сербии не оставило своей службе иновещания даже этой возможности, её работа прекращена полностью.

Справка: радиостанция была основана в Королевстве Югославия 8 марта 1936 г., за шесть лет до появления "Голоса Америки". С ноября 1941 г., во время оккупации, радиостанция выходила в эфир из г. Уфы в Советском Союзе и называлась "Радио Свободная Югославия". С 1945 г. радиостанция транслировала свои программы, используя мощности "Радио Белграда". Решение о создании информационной трудовой организации "Радио Югославия" было принято 26 января 1977 г. В следующем году радиостанция отметила бы юбилей — 80 лет. Слоган радио: "Там, где нас не слышно, наверняка конец света" (источник — URL: **http://www.senica.ru/serbia/news/radio-yugoslaviya-zakrylos** и **http://voiceofserbia.org/ru/content/история-радио** (24.08.15)).

США. Одна из радиовещательных станций, входящих в состав правительственной организации США "Broadcasting Board of Governors" (BBG) — "Радио Свободный Ирак" ("Radio Free Iraq"), после 17 лет своей работы в эфире 31 июля прекратила своё существование. Из названия понятно, что эта служба BBG была предназначена специально для вещания на Ирак, которое шло на арабском языке. Впервые станция появилась в эфире 30 октября 1998 г.

Начиная с 1 августа ресурсы бывшей "Radio Free Iraq" объединяются с аналогичными на "Radio Sawa" (служба вещания BBG на арабском языке для всего арабоязычного мира). При этом часть персонала будет сокращена. В эфире будет существовать с круглосуточной трансляцией только "Radio Sawa".

Хорошего приёма и 73!

тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Портативный аккумуляторный источник питания

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

В настоящее время широкое распространение получили различные компактные устройства с питанием от встроенных аккумуляторов, например, мобильные телефоны, мультимедийные карманные плейеры, планшетные компьютеры, навигаторы, цифровые фотоаппараты и т. п. Из-за стремления к уменьшению габаритов и массы этих устройств в большинстве случаев они оснащаются аккумуляторами небольшой ёмкости, что может причинять неудобства при их автономной эксплуатации.

Чтобы уменьшить зависимость таких устройств от ёмкости и состояния встроенных аккумуляторов, а также наличия сети 230 В, можно изготовить предлагаемое устройство, от которого можно будет питать различную радиоаппаратуру и заряжать встроенные в неё аккумуляторы. Схема устройства показана на **рис. 1**. Оно представляет собой источник питания с четырьмя Li-Ion аккумуляторами типоразмера 18650. Донором таких аккумуляторов и контроллера для них послужила аккумуляторная батарея от неисправного нетбука. На ней было указано наименование — P22-900, ёмкость — 5800 мА·ч и номинальное напряжение — 7,2 В. Устройство обеспечивает на выходе стабилизированное напряжение 5 или 6,2 В при токе нагрузки до 1 А или нестабилизированное 6...8,4 В при токе до 1,4 А. Кратковременно (менее 5 с раз в две минуты) ток нагрузки при любом выходном напряжении может быть до 2 А, это позволит подключать фотоаппарат с фотовспышкой с разряженным внутренним источником питания.

Аккумуляторная батарея состоит из четырёх аккумуляторов G1—G4, которые подключены к контроллеру A1 попарно параллельно-последовательно. Нумерация выводов контроллера — условная, начинается от первого минусового вывода разъёма для подключения батареи к нетбуку. Чтобы иметь возможность питать от батареи различные устройства и для её подзарядки необходимо на вывод 5 подать напряжение низкого логического уровня.

Для зарядки аккумуляторной батареи на вход устройства (гнездо XS1) подают постоянное напряжение 12...16 В. Диод VD1 служит для защиты от неправильной полярности этого напряжения. На интегральной микросхеме DA1 собран линейный стабилизатор напряжения 9 В. С его выхода напряжение через токоограничивающие резисторы R7, R8 и диод VD5 поступает на выводы питания контроллера A1. Транзистор VT1 открывается при подключении к гнезду XS1 внешнего источника питания, что включает контроллер A1. Светящийся светодиод HL1 сигнализирует о протекающем процессе зарядки аккумуляторной батареи. При токе более 50 мА транзистор VT2 (германиевый) открывается и светодиод HL1 светит с максимальной яркостью. Прекращение свечения этого светодиода означает окончание зарядки батареи. Конденсаторы C2—C4 и C6 — блокировочные по питанию микросхемы DA1. Светодиод HL3 светит при наличии напряжения 9 В. На монтажной плате контроллера A1 был обнаружен самовосстанавливающийся предохранитель на ток 5 А. Поскольку изготовленное устройство рассчитано на меньший ток, для защиты от повреждений был установлен дополнительный самовосстанавливающийся предохранитель F1 на ток 1,6 А.

На микросхеме KA78R05 (DA2) собран стабилизатор напряжения 5 и 6,2 В. Эта микросхема представляет собой управляемый линейный стабилизатор напряжения положительной полярности 5 В с выходным током до 1 А, максимальная рассеиваемая мощность — 15 Вт, потребляемый ток — около 10 мА. Микросхема отличается от обычных интегральных стабилизаторов малым минимально допустимым падением напряжения между входом и выходом, которое при токе нагрузки 1 А не превышает 0,5 В. Также имеется вход (вывод 4) для включения и выключения стабилизатора.

При замкнутых контактах кнопки SB1 на выводе 5 контроллера A1 будет низкий логический уровень, поэтому на выходе контроллера (выводы 7 и 8) присутствует напряжение аккумуляторной батареи. При этом через резистор R1 протекает ток около 0,3 мкА. Через замкнутые контакты кнопки SB2.1 напряжение батареи поступает на вход стабилизатора напряжения 5/6,2 В. При замкнутых контактах кнопки SB3.1 напряжение на выходе — 5 В, при разомкнутых — 6,2 В, которое задаётся последовательно включёнными диодами VD2 и VD3. Резисторами R4, R6 задаётся пороговое напряжение включения/выключения стабилизатора. При указанных на схеме номиналах резисторов — это напряжение 6,3 В при замкнутых контактах SB3.1 и 7,3 В — при разомкнутых. Гистерезис переключения — около 0,12 В.

Когда контакты кнопки SB2 находятся в нижнем по схеме положении, питание поступает не на стабилизатор напряжения DA2, а на гнездо XS2. В этом случае можно контролировать состояния аккумуляторной батареи и питать различные устройства, не требующие стабилизированного напряжения.

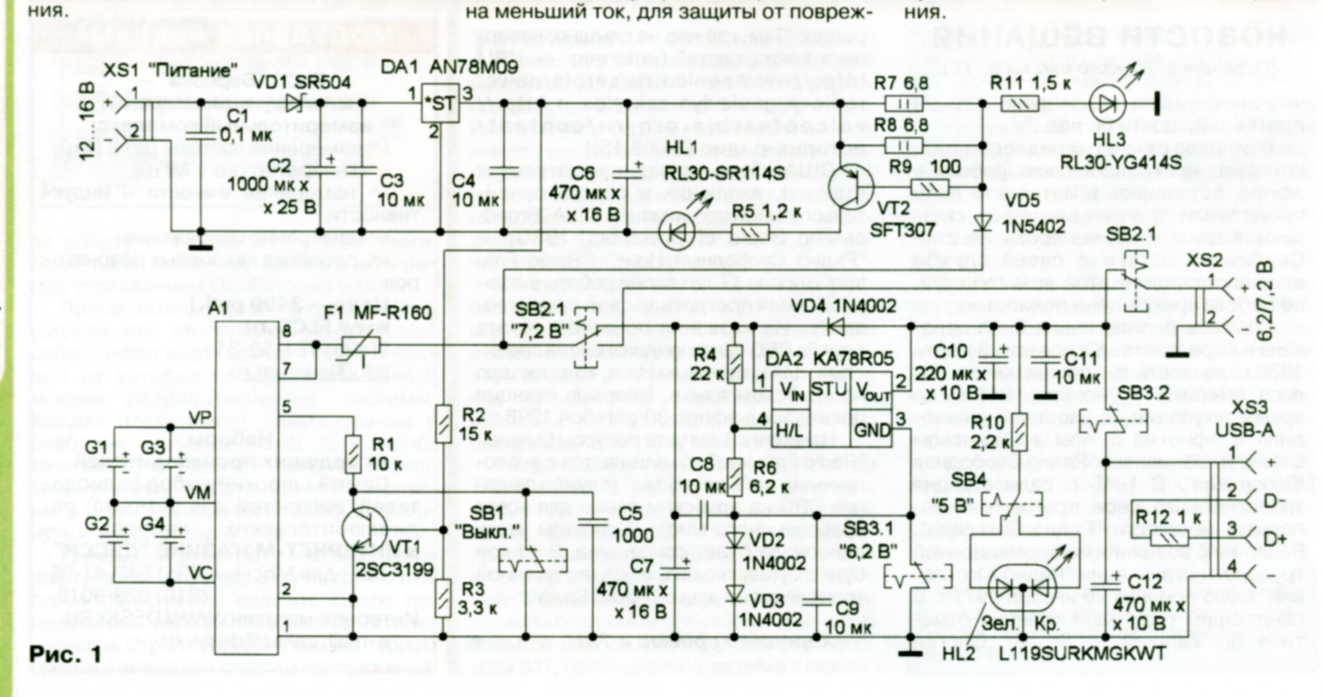


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

Двухцветный светодиод HL2 светит зелёным цветом при выходном напряжении устройства 6,2 В и красным при 5 В. При выходном напряжении 5 В оно поступает на выходные гнёзда XS2 и XS3 (разъём USB). Выходное напряжение 5, 6,2 и 7,2 В поступает на гнездо XS2.


Рис. 2

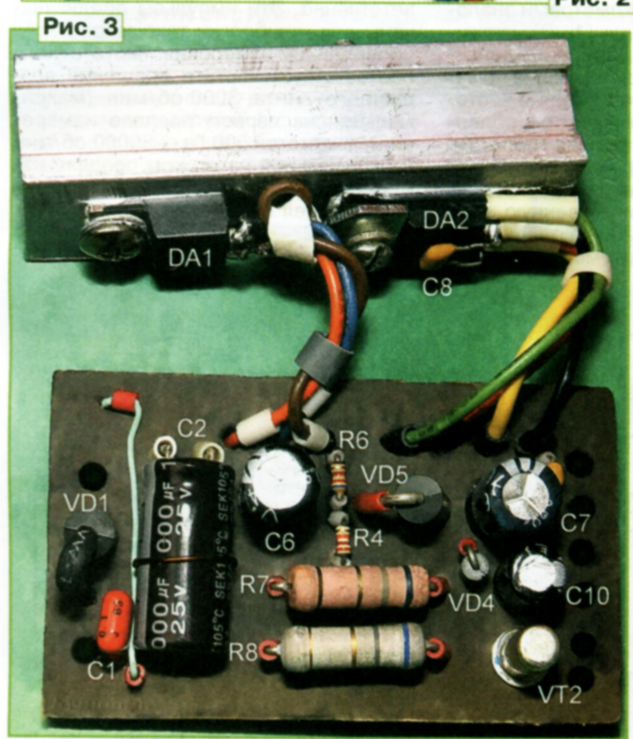


Рис. 3

Перед тем как дать вторую жизнь литиевой аккумуляторной батарее нетбука, её склеенный пластмассовый корпус аккуратно вскрывают по шву. Если аккумуляторы окажутся разряженными "в ноль", их можно несколько минут подзарядить напрямую, минуя контроллер, током 0,5...1 А через токоограничивающий резистор или от источника тока. За это время аккумуляторы наберут напряжение, достаточное для включения контроллера. Измеренная ёмкость полностью заряженной батареи составила около 5400 мА·ч при разрядке током 1 А, что для батареи возрастом около десяти лет неплохой показатель. На плате контроллера (**рис. 2**) была маркировка BLA4AE00. Назначение проводов следующее. В центре два синих — минус контроллера, зелёный — управление, два красных — плюс контроллера. По краям платы: контакт VC (синий провод) — минус элементов G2 и G4, контакт VP (красный провод) — плюс элементов G1 и G3, контакт VM в центре (провод не припаян) — общий элементов G1—G4. Контроллер отключает зарядку аккумуляторной батареи при достижении напряжения 8,4 В. Если в вашем распоряжении окажется другая батарея с другим контроллером, назначение его выводов можно узнать в Интернете или экспериментально. В случае, если применить батарею от ноутбука на рабочее напряжение 10,8 В или 14,4 В, то из-за большой разницы между входным и выходным напряжениями на месте стабилизатора DA2 рекомендуется применить импульсный понижающий стабилизатор напряжения. Перед сборкой устройства аккумуляторы отсоединяют от контроллера. Подключают их на финальной стадии сборки и тестирования конструкции, при этом надо быть внимательным — ток короткого замыкания выводов даже малогабаритного аккумулятора может достигать десятков ампер.

Часть элементов размещена на монтажной плате размерами 37×62 мм, а микросхемы — на теплоотводе (**рис. 3**). Монтаж — двухсторонний навесной. Микросхему AN78M09 можно заменить отечественной КР142ЕН8А или любой из серии ххх78М09хх. Если применить микросхему серии ххх78R09, минимальное входное напряжение устройства может быть 10,5 В. Микросхему KA78R05 можно заменить любой из серии ххх78R05 в изолированном четырёхвыводном корпусе TO-220F-4L. Обе микросхемы установлены на общий ребристый дюралюминиевый теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности 50 см^2 с применением теплопроводной пасты КПТ-8 или аналогичной. В корпусе устройства рядом с теплоотводом необходимо сделать несколько десятков вентиляционных отверстий. Соединительные провода, идущие к выводам микросхем, должны быть как можно короче.



Рис. 4

Транзистор 2SC3199 можно заменить любым из серий 2SC815, 2SC845, 2SC1815, 2SC9014, КТ3102, КТ6111, германиевый транзистор SFT307 — оте-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

чественными из серий МП25, МП26, МП39, МП40, МП41, МП42. Чем больше коэффициент передачи тока базы этого транзистора, тем лучше. Диод SR504 можно заменить диодом SR505, SR506, SR306, SR360, 1N5822. Вместо диода 1N5402 подойдёт любой из серий 1N540x, SRP300x, FR30x. Диоды 1N4002 можно заменить любыми из серий 1N400x, RL10x. Резисторы — любые соответствующей мощности. Оксидные конденсаторы — импортные, C1 — керамический или плёночный на номинальное напряжение не менее 35 В. Конденсаторы C3, C4, C8, C9, C11 — керамические для поверхностного монтажа, они припаяны непосредственно к выводам питания соответствующих микросхем или выводам оксидных конденсаторов. Остальные конденсаторы — керамические К10-17. Светодиод RL30-YG414S зелёного цвета свечения и RL30-SR114S красного можно заменить любыми обычными маломощными. Двухцветный светодиод L119SURKMGKWT можно заменить любым двухцветным с общим катодом из серии L119. Если светодиод будет с повышенной яркостью свечения, сопротивление резистора R10 можно увеличить в несколько раз, что уменьшит ток, потребляемый устройством от аккумуляторной батареи.

Переключатель режимов работы (кнопки SB1—SB4) — счетверённый блок переключателей П2К с зависимой фиксацией, по две группы переключаемых контактов на каждой кнопке. При нажатии на одну из них остальные возвращаются в исходное положение. Перед сборкой конструкции протестируйте такой переключатель, при необходимости очистите его контакты от окислов. Он приклеен к корпусу устройства термоклеем и полимерным клеем "Квинтол". Аккумуляторные элементы закреплены в корпусе с помощью мягкой двухсторонней липкой ленты.

Устройство собрано в пластмассовом корпусе размерами 28×91×175 мм. Вид на компоновку узлов показан на **рис. 4**. Масса собранного устройства — около 380 г. Для питания устройства можно использовать автомобильную бортовую сеть 12 В или другой источник напряжения 12...16 В, рассчитанный на ток нагрузки не менее 0,7 А. При подаче на гнездо XS1 напряжения питания на подключённую к устройству нагрузку будет поступать напряжение питания вне зависимости от положения контактов кнопки SB1.

Ёмкости батареи 5,8 А·ч достаточно для питания, например, радиоприёмника "Океан-209" в течение около 170 ч, работающего на средней громкости (100 мВт), или на 60...80 часов питания компактного карманного MP3-плейера (потребляемый ток — 60...80 мА), что примерно десятикратно превышает возможности встроенного аккумулятора. Можно также несколько раз полностью зарядить аккумулятор (ёмкостью 800...1000 мА·ч) мобильного телефона. Не забывайте после пользования устройством выключать его питание и подключённых к нему нагрузок нажатием на кнопку SB1.

Авиамодельный тахометр

О. ИЛЬИН, г. Казань, Татарстан

Описываемый в статье тахометр предназначен для измерения частоты вращения воздушного винта авиамоделей, но его можно использовать для контроля работы и других лопастных механизмов — роторов, крыльчаток, обтюраторов. Принцип действия этого прибора основан на измерении частоты прерывания лопастями воздушного винта модулированного потока инфракрасного излучения, создаваемого тахометром и падающего на его фоточувствительный элемент.

По сравнению с тахометрами аналогичного назначения [1—3], схожими с описываемым по принципу действия, предлагаемый прибор более помехоустойчив. Им можно измерять частоту вращения воздушных винтов, содержащих две, три и четыре лопасти. Тахометр оснащён стрелочным индикатором частоты вращения, что обеспечивает не только количественную, но и качественную информацию о динамике изменения контролируемого параметра [4].

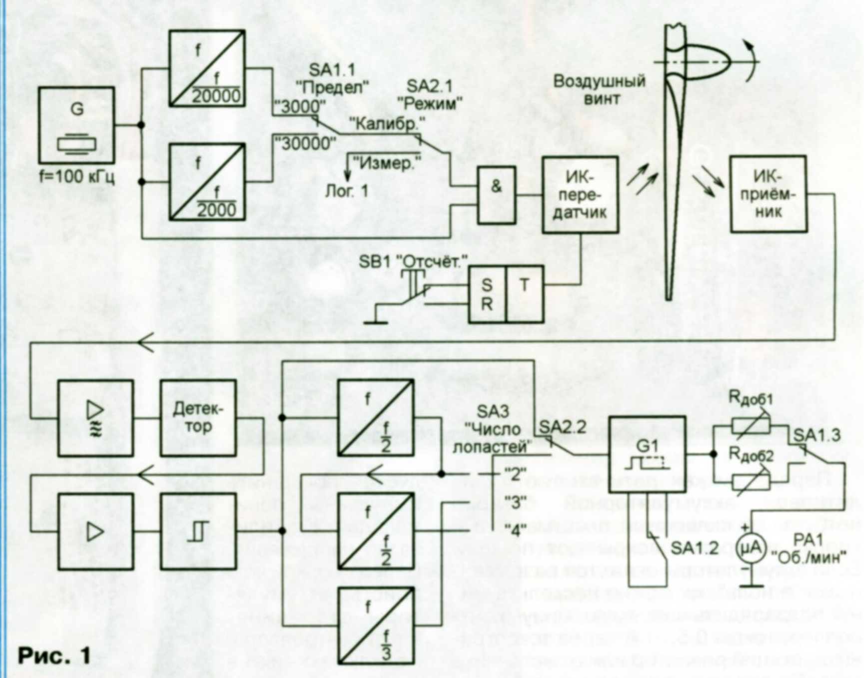


Рис. 1

Прибор имеет два предела измерений частоты вращения воздушного винта: до 3000 об/мин и до 30000 об/мин. Погрешность измерения — не более ±2,5 %. Имеется кварцевый калибратор, что повышает точность измерения и позволяет оперативно контролировать работоспособность прибора. Тахометр выполнен на доступной элементной базе и прост в налаживании.

Функциональная схема прибора изображена на **рис. 1**. Кварцевый генератор вырабатывает периодическую последовательность прямоугольных импульсов, следующих с частотой 100 кГц. С выхода генератора эти импульсы поступают на делители частоты на 20000 и на 2000, формирующие импульсы, следующие с частотой 50 и 500 Гц соответственно. Эти импульсы предназначены для калибровки тахометра перед проведением измерения. Частота 50 Гц соответствует частоте вращения воздушного винта 3000 об/мин (максимальной на первом пределе измерения), а частотой 500 Гц — 30000 об/мин (максимальной на втором пределе измерения). Переключателем SA1 выбирают предел измерения, а переключателем SA2 — режим работы прибора (калибровку или проведение измерений).

В режиме калибровки прибора импульсы частотой 50 или 500 Гц поступают через переключатели SA1.1 и SA2.1 на один из входов логического элемента И, на второй вход которого поданы импульсы частотой 100 кГц с выхода кварцевого генератора. На выходе логического элемента формируется последовательность следующих с частотой 50 или 500 Гц пачек импульсов частотой 100 кГц. Эта последовательность поступает на сигнальный вход ИК-передатчика, работу которого разрешают нажатием и удержанием кнопки SB1. Триггер в цепи кнопки устраняет дребезг её контактов.

Достигнув ИК-приёмника, удалённого от передатчика на некоторое расстояние и расположенного с ним на одной оптической оси, ИК-излучение

вновь преобразуется в электрический импульсный сигнал. Его усиливает и отфильтровывает от помех полосовой усилитель. Усиленный сигнал детектируется по амплитуде и превращается в последовательность импульсов, следующих с частотой повторения пачек ИК-излучения. После усиления и формирования триггером Шмитта эти импульсы становятся прямоугольными с крутыми перепадами.

В режиме калибровки импульсы с выхода триггера Шмитта запускают одновибратор, нормирующий их длительность, которую, в зависимости от выбранного предела измерения, изменяет переключатель SA1.2. Постоянную составляющую выходного напряжения одновибратора, прямо пропорциональную частоте, измеряет вольтметр из микроамперметра PA1 и добавочных резисторов $R_{доб1}$ и $R_{доб2}$, выбираемых переключателем SA1.3. Эти резисторы — подстроечные, с их помощью в режиме калибровки устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на последнее деление шкалы на каждом пределе измерения.

При переводе переключателя SA2 в положение "Измер." на вход клапана (логического элемента И) вместо калибровочных импульсов поступает постоянный уровень логической единицы, в результате чего последовательность излучаемых ИК-импульсов частотой 100 кГц становится непрерывной. ИК-излучение на пути от передатчика к приёмнику периодически прерывают лопасти вращающегося воздушного винта авиамодели, введённого в зазор между передатчиком и приёмником. Поэтому частота импульсов на выходе триггера Шмитта равна произведению частоты вращения воздушного винта на число его лопастей. Их может быть две, три или четыре. Для учёта этого фактора в тракт сигнала между триггером Шмитта и одновибратором включают с помощью переключателей SA3 и SA2.2 делитель частоты следования импульсов на два, три или четыре.

Принципиальная схема тахометра приведена на **рис. 2**. Генератор импульсов частотой 100 кГц состоит из логических элементов DD1.1, DD1.2, резистора R4 и кварцевого резонатора ZQ1. Логический элемент DD1.3 — буферный. Делители частоты построены на двоичных счётчиках DD2, DD7 и логических элементах DD1.4, DD4.1—DD4.3, DD6.1. Импульсы частотой 50 Гц снимают с вывода 15 счётчика DD7, а импульсы частотой 500 Гц — с вывода 13 счётчика DD2.

Элементы DD8.1, DD8.2 выполняют логическую функцию И. Триггер, формирующий разрешающий работу передатчика сигнал, состоит из логических элементов DD8.3, DD8.4. Логические элементы DD6.2—DD6.4, соединённые параллельно, и транзистор VT4 образуют усилитель импульсов, питающих ИК излучающий диод VD4.

ИК-приёмник состоит из фотодиода VD1 и истокового повторителя на транзисторе VT1. Полосовой усилитель построен на ОУ DA1 и транзисторе VT2. Цепь R7R8C5 задаёт постоянное смещение на неинвертирующем входе ОУ, а резистор R10 — его ток управления. Цепь отрицательной обратной связи усилителя образована резистором R12 и разделительным конденсатором C4. Конденсатор C6 служит для частотной коррекции ОУ. Транзистор VT2 — эмиттерный повторитель, повышающий нагрузочную способность ОУ DA1.

В изготовленном автором тахометре коэффициент усиления полосового усилителя по напряжению на частоте 100 кГц равен 400. Граничные частоты полосы пропускания по уровню –3 дБ — 75 и 135 кГц. От образца к образцу прибора значения этих параметров могут отличаться от приведённых на 15...20 %, что не оказывает существенного влияния на работу прибора. Однако частота максимального усиления должна находиться в пределах 100±5 кГц. При необходимости её корректируют подборкой резисторов R10, R12 и конденсаторов C4, C6. Обычно бывает достаточно подобрать резистор R10.

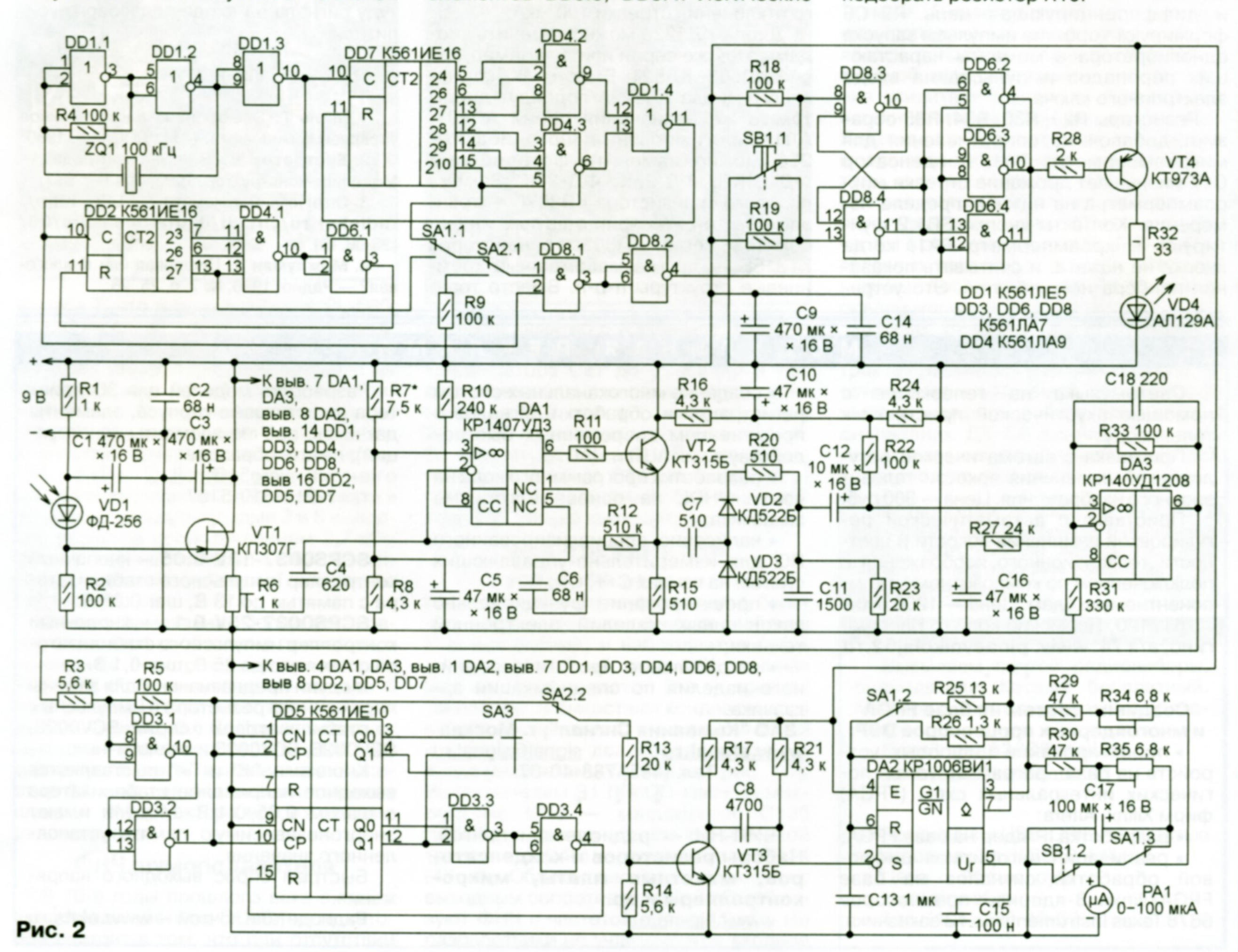


Рис. 2

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-28-38
Вопросы: consult@radio.ru

Амплитудный детектор собран на диодах VD2 и VD3, а усилитель продетектированных импульсов — на ОУ DA3. Цепь R16R24C10 обеспечивает необходимое постоянное смещение на неинвертирующем входе ОУ. Резистор R31 задаёт его ток управления. Конденсатор C12 — разделительный. Цепь отрицательной обратной связи усилителя образована резисторами R27, R33 и конденсаторами C16, C18. Коэффициент усиления по напряжению в середине полосы пропускания равен 5. Конденсаторы C12, C16 формируют частотную характеристику усилителя в низкочастотной области (частота среза 1...2 Гц), а конденсатор C18 — в верхнечастотной (частота среза 8 кГц). Входное сопротивление усилителя задано резистором R22.

Триггер Шмитта состоит из логических элементов DD3.1, DD3.2 и задающих пороги его переключения резисторов R3, R5. Сдвоенный двоичный счётчик DD5 и логические элементы DD3.3, DD3.4 образуют делители частоты на два, три и четыре.

Одновибратор выполнен на интегральном таймере DA2, времязадающие элементы которого — конденсатор C13 и переключаемые при изменении предела измерения резисторы R25 и R26. Конденсатор C15 — фильтрующий. Электронный ключ на транзисторе VT3 и дифференцирующая цепь R21C8 формируют короткие импульсы запуска одновибратора в моменты нарастающих перепадов импульсов на входе электронного ключа.

Резисторы R29, R30, R34, R35 образуют добавочные сопротивления для микроамперметра PA1. Конденсатор C17 уменьшает дрожание стрелки микроамперметра на нижнем пределе измерения. Контакты кнопки SB1.2 шунтируют микроамперметр PA1, когда кнопка не нажата, и считывать показания прибора не требуется. Это устраняет опасные для микроамперметра резкие колебания его стрелки в моменты включения и выключения тахометра, переключения пределов измерения и режимов работы.

Прибор питают от источника стабилизированного напряжения +9 В с максимальным выходным током не менее 0,5 А. Конденсаторы C2, C3, C9, C14 — фильтрующие в цепи питания.

Детали тахометра смонтированы навесным способом на макетной плате. Излучающий диод VD4 и фотодиод VD1 расположены вне платы на расстоянии 150...200 мм один от другого, образуя промежуток, который при измерении частоты вращения пересекают лопасти вращающегося воздушного винта.

В приборе применены оксидные конденсаторы К50-35, вместо них можно использовать другие аналогичные. Керамические конденсаторы — К10-17, вместо них подойдут КМ-6 или импортные. Времязадающий конденсатор C13 — К73-17, он может быть заменён конденсатором К73-9, К73-24 или другим плёночным. Постоянные резисторы — С2-33. Подстроечные резисторы — СП2-2а или другие подобные. В приборе применены галетные переключатели ПГК и сдвоенная кнопка КМ2-I, вместо которых можно использовать другие аналогичные. Микроамперметр — М906 или другой с током полного отклонения стрелки 100 мкА.

Диоды КД522Б можно заменить диодами этой же серии или, например, серий КД503, КД521. Вместо ИК-излучающего диода АЛ129А подойдут диоды такого же назначения серий АЛ107, АЛ118 или импортные. Фотодиод ФД-256 можно заменить фотодиодами ФД-21КП, ФД-25К, ФД-26К. Замена полевого транзистора КП307Г — транзисторы той же серии с другим индексом или серии КП303, транзисторов КТ315Б — другие маломощные кремниевые структуры n-p-n. Вместо транзистора КТ973А допустимо применить КТ973Б.

При замене ОУ КР1407УД3 и КР140УД1208 на соответственно 1407УД3 и 140УД12 следует учитывать их различия в типе корпуса и назначении выводов. Микросхемы серии К561 могут быть заменены микросхемами серии 564 или импортными аналогами, а микросхема КР1006ВИ1 — импортной серии 555.

Налаживание функциональных узлов тахометра особенностей не имеет и производится по известным методикам. Совмещение оптических осей излучающего диода VD4 и фотодиода VD1 контролируют по максимуму амплитуды сигнала частотой 100 кГц на выходе полосового усилителя (эмиттере транзистора VT2) при нажатой кнопке SB1. Стрелку микроамперметра PA1 устанавливают на последнее деление шкалы при калибровке прибора на пределах измерений 3000 и 30000 об/мин соответственно подстроечными резисторами R35 и R34.

При измерении частоты вращения воздушного винта, лопасти которого изготовлены из материала, слабо поглощающего ИК-излучение, нормальной работы тахометра добиваются уменьшением его чувствительности к ИК-излучению. Для этого подстроечным резистором R6 уменьшают амплитуду сигнала на входе полосового усилителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Миль Г.** Электронное дистанционное управление моделями. — М.: ДОСААФ, 1980.
2. **Евстратов В.** Винт на контроле. — Моделист-конструктор, 1992, № 11, с. 6, 7.
3. Оптический тахометр. — URL: **http://radiokot.ru/circuit/digital/measure/03/** (23.06.15).
4. **Межлумян А.** Цифровая или аналоговая? — Радио, 1986, № 7, с. 25, 26.

тел. 608-28-38

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Танцевальная платформа для Dance Dance Revolution и Pump It Up

А. ГЕННО, г. Таганрог Ростовской обл.

Автор делится с читателями описанием конструкции универсальной танцевальной платформы для игр серий Dance Dance Revolution и Pump It Up и её контроллера. Благодаря сочетанию оригинальных технических решений платформу удалось сделать лёгкой, несложной в сборке без применения каких-либо специфических инструментов, но в то же время весьма прочной и пригодной для игр высокого уровня сложности. Он хочет, чтобы как можно больше читателей открыли для себя мир танцевальных игр. Ведь это так весело и увлекательно, да ещё и полезно для здоровья.

Начнём с краткого экскурса в историю танцевальных игр. Согласно [1], Dance Dance Revolution (DDR) — серия музыкальных видеоигр, разработанных фирмой Konami Digital Entertainment. Игра проходит на танцевальной платформе с четырьмя панелями-кнопками "Вверх", "Вниз", "Влево" и "Вправо". Во время игры по экрану в ритм исполняемой песне перемещается последовательность стрелок. Игрок должен в такт музыке нажимать ногами на соответствующие панели-кнопки в те моменты, когда стрелки совпадают с полупрозрачным трафаретом, обычно расположенным в верхней части экрана.

Впервые DDR была представлена в виде аркадного игрового автомата в 1998 г. на игровой выставке Tokyo Game Show в Японии. Наиболее яркая демонстрация аркадного автомата DDR широкой публике произошла в фильме "Васаби" с Жаном Рено в главной роли.

Около года спустя корейская фирма Andamiro создала фактически копии DDR — игры серии Pump It Up (PIU). Игровой процесс PIU аналогичен DDR с той лишь разницей, что на танцевальной платформе PIU имеются пять панелей-кнопок: "Центр", "Влево-вверх", "Вправо-вверх", "Влево-вниз", "Вправо-вниз". Более подробно об играх серии PIU можно узнать в [2].

В 2004 г. фирма Roxor Games разработала свой вариант аркадного автомата под названием In The Groove (ITG), отличавшийся от DDR более сложными композициями. История In The Groove завершилась в 2006 г. получением фирмой Konami Digital Entertainment всех авторских прав на эти игры [3]. В 2008 г. Голландская фирма Positive Gaming выпустила свою линейку игр под названием iDance [4].

Уместно будет добавить, что фирмой Konami Digital Entertainment, помимо аркадных автоматов, игры серии DDR с 1999 г. и по сегодняшний день выпускаются в вариантах для всех известных игровых консолей (Sony PS One, Sony PS2, Sony PS3, Microsoft XBOX, Microsoft XBOX 360, Nintendo 64, Nintendo Gamecube, Nintendo Wii). К сожалению, консольные версии этих игр в нашей стране практически неизвестны. Причин этому великое множество. Упоминать их в рамках журнальной статьи не имеет смысла.

Для возможности играть на персональном компьютере командой энтузиастов был создан бесплатный симулятор аркадных автоматов DDR и PIU под названием Stepmania [5], распространяемый в том числе и в исходных кодах. На момент написания статьи вышла версия Stepmania 5.0.7. Кроме того, в Интернете есть много сайтов (например, [6, 7]), содержащих доступные для скачивания композиции практически всех когда-либо выходивших аркадных и консольных версий игр серий DDR, PIU и даже ITG. Танцевальная платформа, о которой пойдёт речь в предлагаемой статье, как раз и рассчитана на совместное использование с программой Stepmania на компьютере с операционной системой Windows.

Для домашнего освоения игр серий DDR и PIU существуют два варианта игровых приспособлений: танцевальные коврики и танцевальные платформы [6], обладающие своими достоинствами и недостатками.

Танцевальные коврики считают устройствами начального уровня, предназначенными для игроков, только приступивших к освоению игр. Они относительно недороги, имеют небольшую массу, их можно хранить в свёрнутом состоянии. Из недостатков можно назвать невысокую точность срабатывания, что делает невозможным исполнение сложных насыщенных "стрелками" композиций, и скольжение коврика по полу во время игры. Со временем коврики сминаются и практически неремонтопригодны.

Танцевальные платформы ориентированы на игроков, уже в значительной степени освоивших игровой процесс. Их варианты для домашнего использования в основном повторяют конструкции платформ аркадных автоматов. Отсюда достоинства — высокая точность срабатывания, отличный тактильный эффект, отсутствие перемещений во время игры. За это приходится платить большой массой (в среднем около 15 кг). Высокая стоимость доступных на рынке образцов платформ плюс расходы на пересылку [6] также не способствуют их широкому распространению.

Читатели, обладающие некоторыми слесарными навыками, могут изготовить танцевальную платформу самостоятельно. В Интернете имеются описания конструкций, разработанных как зарубежными [7, 8], так и отечественными [9] авторами. Однако выбирая конструкцию для повторения, необходимо учитывать стоимость материалов и наличие не только навыков, но ещё и соответствующих инструментов.

Танцевальная платформа, о которой пойдёт речь, — плод примерно трёх лет изысканий. При её создании ставились следующие цели:

— минимизировать массу платформы (не более нескольких килограммов) и сделать обращение с ней доступным хрупкой девушке или даже ребёнку. Под обращением подразумевается не только игровой процесс, но и установка, подключение и все другие манипуляции с платформой;

— минимизировать расходы. Желательно, чтобы стоимость набора материалов и деталей для платформы не превышала средней цены танцевального коврика. Для сборки не должны требоваться какие-либо специфические инструменты;

— добиться высокой точности срабатываний. Платформа не должна ограничивать возможности игрока и должна быть пригодной для исполнения композиций, по крайней мере, уровня "Difficult" по шкале сложности DDR;

— обеспечить пригодность платформы для игр как DDR, так и PIU, для чего предусмотреть девять активных панелей-кнопок;

— связать платформу с компьютером по интерфейсу USB-2.0.

Анализ опубликованных в [7—9] описаний танцевальных платформ позволяет сделать вывод, что в их панелях-кнопках применяются только механические контакты. Чтобы обеспечить долговечность, контакты и платформы в целом обладают большим запасом механической прочности, что и обусловливает большую массу.

При создании предлагаемой танцевальной платформы было принято решение отказаться от механических контактов. В результате анализа доступных и теоретически пригодных для использования вариантов выбор был сделан в пользу ёмкостных датчиков. В подтверждение выбора удалось отыскать в Интернете описания трёх, по-видимому, работоспособных танцевальных платформ с ёмкостными датчиками [10—12].

Первый изготовленный автором макет танцевальной платформы был оборудован четырьмя ёмкостными датчиками. В качестве её основания использовался лист ДВП размерами 840×840 мм и толщиной 3,5 мм. На обратную сторону листа в тех местах, где должны располагаться панели-кнопки, были наклеены четыре квадрата размерами 250×250 мм из алюминиевой фольги. Макет измерителя ёмкости был собран на микроконтроллере ATmega8535 [13]. Соединение с компьютером было организовано через покупной джойстик, как это сделано в конструкциях [7—9].

Для измерения ёмкости использовался известный принцип определения продолжительности её зарядки или разрядки. Допустим, датчик (конденсатор) подключён к одной из линий порта ввода—вывода микроконтроллера. Сначала этот вывод конфигурируют как выход и на нём устанавливают высокий логический уровень. Поскольку выходное сопротивление линии порта в таком состоянии невелико, датчик (конденсатор) практически в тот же момент заряжается до напряжения питания микроконтроллера. После этого линию конфигурируют как вход. Конденсатор начинает разряжаться через подключённый параллельно ему резистор. Напряжение на конденсаторе постепенно уменьшается, а программа микроконтроллера отсчитывает время, за которое оно падает до логически низкого уровня. Чем больше ёмкость датчика, тем больше времени требуется для разрядки, и наоборот.

Сравнивая продолжительность разрядки с заранее установленными порогами, можно выделить два состояния "кнопки" — "нажата" и "отпущена". Именно такой принцип использован в конструкции [12], что установлено анализом исходного текста программы имеющегося в ней микроконтроллера.

Возможна небольшая модификация описанного принципа. Если спустя фиксированное время после переконфигурации линии с выхода на вход запускать встроенный АЦП микроконтроллера, то результат преобразования будет пропорционален ёмкости датчика. Такой принцип использован в конструкциях [10, 11].

По результатам испытаний первого макета танцевальной платформы были выявлены следующие недостатки:

— ёмкостные датчики одинаково чувствительны к предметам, находящимся сверху и снизу от них. Следовательно, на полу, в котором имеется металлическая арматура, играть не удаётся;

— датчики имеют очень низкую помехоустойчивость, что обусловлено относительно большой площадью образующих их пластин и длиной идущих к ним проводов. Об этом написал на своей интернет-странице автор конструкции [11]. Это, пожалуй, самый большой недостаток, ставящий под вопрос саму идею реализации ёмкостной танцевальной платформы.

На первом макете получаемые значения продолжительности разрядки имели большой разброс. Восьмикратное повторение измерения с последующим усреднением результатов ситуацию кардинально не улучшило. Частично помог гистерезис, введённый в характеристику переключения датчика. Но даже при индивидуальной для каждого датчика подстройке порогов так и не удалось добиться чёткого определения "нажатий" и "отпусканий".

Анализ источников был продолжен. Через некоторое время было найдено техническое решение, позволяющее полностью устранить чувствительность датчика снизу и существенно улучшить чёткость срабатывания. Это — активное экранирование, известное в зарубежной литературе под названием "driven shield". Его широко применяют для снятия сигналов с высокоомных цепей. Ссылки на конкретные источники информации приводить не буду, поскольку их очень много. Интересующийся читатель без труда сможет отыскать их в Интернете самостоятельно.

Идею активного экранирования иллюстрирует **рис. 1**. Оно достигается с помощью повторителя напряжения DA1 с хорошей нагрузочной способностью. Выход повторителя соединён с экраном сигнального провода, идущего от датчика, а экран этого провода — с экраном самого датчика (проводящей пластиной, идентичной по размерам пластине датчика и прикрывающей её нижнюю сторону). Благодаря повторителю напряжение на экране всегда равно напряжению на датчике. Поскольку теперь разность потенциалов между датчиком и его экраном равна нулю, ток через ёмкость между ними не течёт. За счёт низкого выходного сопротивления повторителя нижняя сторона пластины-датчика и идущий от датчика экранированный провод теряют всякую чувствительность к окружающим предметам, даже металлическим.

Рис. 1

Хотелось бы отметить, что помехоустойчивость конструкций [10—12], упомянутых выше, можно существенно улучшить, применив в них активное экранирование ёмкостных датчиков. В первом макете танцевальной платформы активное экранирование позволило добиться более чётких срабатываний датчиков. Но выяснилось, что это только половина решения проблемы, так как помехоустойчивость осталась всё-таки недостаточной.

В результате изучения различных интернет-источников были обнаружены серии микросхем QTouch и QMatrix [14] для работы с ёмкостными датчиками, обеспечивающими повышенную помехоустойчивость. Но они оказались неспособны работать с датчиками размерами 250×250 мм. Однако меня очень заинтересовал использованный в них принцип измерения ёмкости, кардинально отличающийся от описанного выше.

В основе принципа, используемого в микросхемах QTouch и QMatrix, лежит перенос заряда из конденсатора-датчика в накопительный конденсатор, ёмкость которого должна быть во много раз больше ёмкости датчика. В зарубежной литературе это решение известно под названием "charge pump".

Упрощённая схема измерения ёмкости по принципу переноса заряда изображена на **рис. 2**, где приняты следующие обозначения: $C_д$ — ёмкостный датчик; $C_н$ — накопительный конденсатор; S1—S3 — ключи, управляемые микроконтроллером; DD1 — компаратор напряжения.

В первый момент времени ключ S1 замкнут, ключи S2 и S3 разомкнуты. Конденсатор $C_д$ заряжен до напряжения питания $U_{пит}$. Ключ S1 размыкают, а ключ S3 замыкают одновременно. Этим конденсаторы $C_д$ и $C_н$ соединяют параллельно, в результате чего большая часть заряда перетекает из $C_д$ в $C_н$. Так происходит цикл "зарядка—перенос". Поскольку ёмкость накопительного конденсатора $C_н$ много больше ёмкости датчика $C_д$, чтобы зарядить $C_н$ до напряжения, близкого к $U_{пит}$, требуется много циклов "зарядка—перенос".

В те отрезки времени, когда ключ S1 замкнут, напряжение на инвертирующем входе компаратора DD1 тем меньше, чем больший заряд накоплен в конденсаторе $C_н$. Когда это напряжение опустится ниже порога, заданного напряжением на неинвертирующем входе компаратора (например, 0,7 В), на выходе компаратора будет установлен высокий логический уровень напряжения.

Рис. 2

Ёмкость датчика $C_д$ определяют путём подсчёта циклов "зарядка—перенос", выполненных до срабатывания компаратора. Чем ёмкость $C_д$ больше, тем большее количество заряда она запасает в начале каждого цикла, и меньшее число циклов "зарядка—перенос" требуется для зарядки конденсатора $C_н$ до заданного порога. Как только компаратор DD1 сработает, ключи S1 и S2 будут одновременно замкнуты, а ключ S3 разомкнут. Конденсатор $C_н$ разрядится, после чего циклы "зарядка—перенос" могут быть повторены для следующего измерения ёмкости $C_д$.

Схема, представленная на рис. 2, проста в реализации с помощью современных микроконтроллеров, имеющих порты дискретного ввода—вывода общего назначения и встроенные компараторы напряжения. Более того, фирма Atmel разработала реализующую описанный метод библиотеку QTouch Library [15] для различных серий выпускаемых ею микроконтроллеров. Сегодня указанная библиотека при необходимости может быть подключена к среде разработки программ микроконтроллеров Atmel Studio [16].

Почему же метод переноса заряда даёт более стабильные результаты измерения ёмкости датчика, чем традиционный метод? Дело в том, что конденсатор $C_д$ в схеме, изображённой на рис. 2, находится преимущественно в двух состояниях: заряжен до напряжения питания и разряжен до текущего значения напряжения на накопительном конденсаторе. В интервале времени, когда происходит перекачка заряда из $C_д$ в $C_н$ и чувствительность к воздействию помех наибольшая, датчик и идущие от него провода зашунтированы конденсатором $C_н$ большой ёмкости.

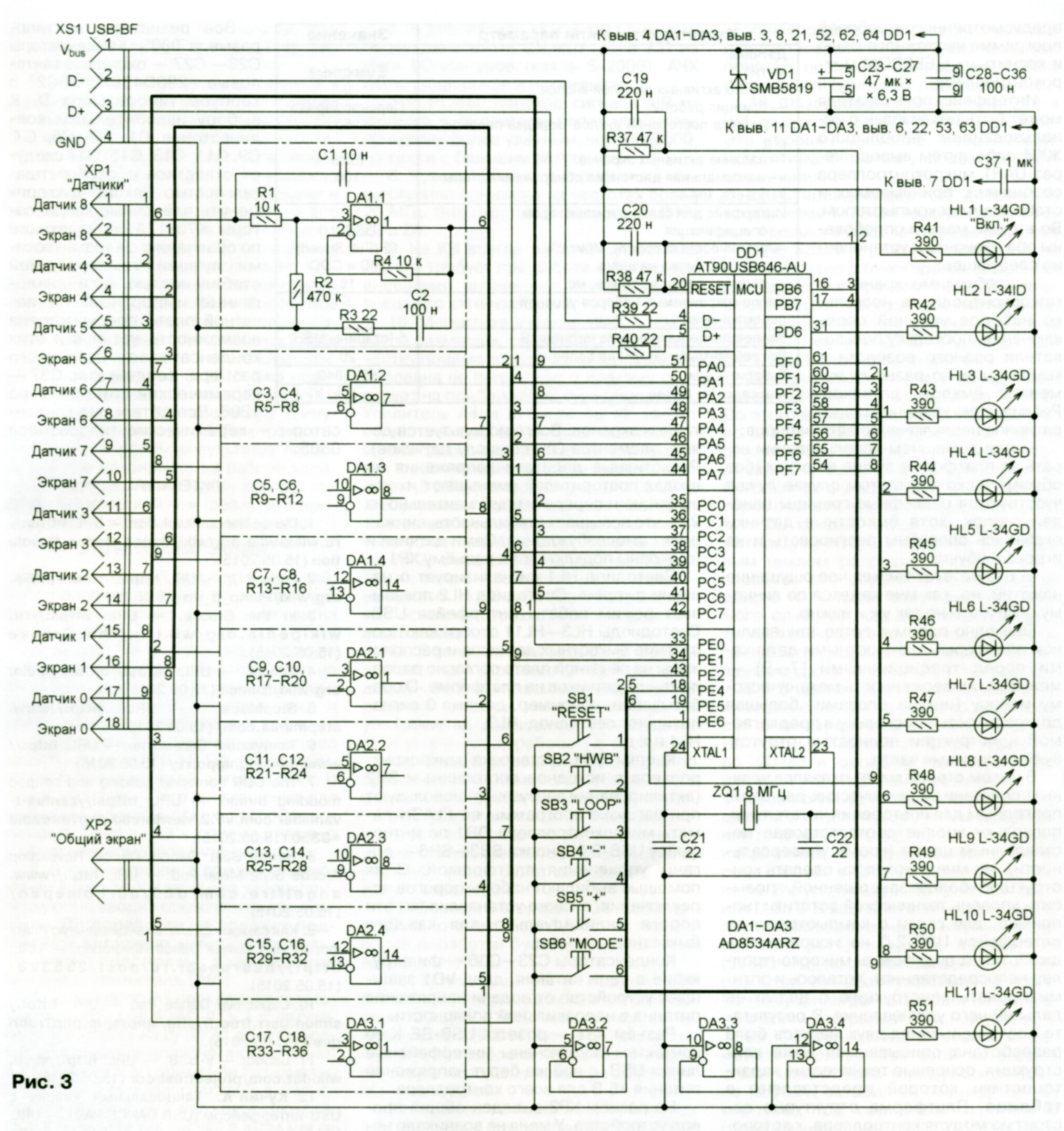


Рис. 3

Сочетание двух технических решений (активное экранирование и измерение ёмкости по принципу переноса заряда) позволило успешно достичь целей, обозначенных в начале статьи. С их использованием был собран второй макет танцевальной платформы (точнее, модифицирован первый) с четырьмя кнопками-датчиками. Датчики были сделаны из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,6 мм. Их размеры остались прежними — 250×250 мм. С печатной платой контроллера датчики были соединены коаксиальными кабелями. По-прежнему использовались микроконтроллер ATmega8535 и соединение с компьютером через джойстик.

Испытания второго макета показали, что он свободен от недостатков, свойственных первому. Точность срабатывания датчиков оказалась неотличимой от достигаемой при использовании одной из лучших покупных танцевальных платформ "Cobalt Flux". К величайшему сожалению, выпуск этих платформ прекращён несколько лет назад.

Здесь необходимо сделать уточнение. Мне не удалось найти отличий на уровне "Difficult" по шкале сложности DDR. Композиции проходились и на "Cobalt Flux", и на втором макете с одинаковыми результатами. Быть может, на более высоких уровнях сложности отличия и проявятся, но проверить это у меня нет возможности. Те, кто знаком с DDR, меня поймут.

Были и особенности:

— упомянутая библиотека QTouch Library оказалась слишком громоздкой и неудобной в использовании. Взамен неё была написана очень простая программная реализация принципа переноса заряда, впоследствии проверенная на практике;

— установлена необходимость оперативной подстройки уровней переключения индивидуально для каждого датчика. Хранение уровней непосредственно в программе и их изменение путём её корректировки, повторной компиляции и перепрограммирования микроконтроллера, как это сделано в [12], нельзя считать лучшим решением. Лучше изменять уровни с помощью

предусмотренного в рабочей программе несложного меню и хранить их в EEPROM микроконтроллера.

Интерфейс пользователя может быть реализован с использованием небольшого ЖКИ либо путём вывода через UART микроконтроллера сообщений, принимаемых и отображаемых компьютером. Во втором макете опробованы оба варианта и установлено следующее:

— необходимо хранить в микроконтроллере несколько наборов уровней переключения, поскольку пользователи разного возраста и комплекции по-разному изменяют ёмкость датчиков. Реализовано хранение и оперативное переключение пяти наборов;

— при домашнем использовании играть на платформе лучше в носках (без обуви), поскольку в этом случае лучше чувствуются рельефные границы панелей-кнопок, хотя ёмкостные датчики оказались способны реагировать и на игрока в обуви;

— отсутствует тактильное ощущение нажатий, но, как мне кажется по личному опыту, это не так уж и важно.

Ещё одно преимущество танцевальной платформы с ёмкостными датчиками перед традиционными [7—9] — меньшая подверженность механическому износу (иными словами, большая долговечность), поскольку в предлагаемой конструкции полностью отсутствуют подвижные части.

В целом второй макет оказался удачным сочетанием технических решений, пригодным для повторения читателями, поскольку вполне соответствовал поставленным целям (кроме универсальности). Но мне захотелось сделать конструкцию более завершённой, повысить уровень технической эстетики (например, для связи с компьютером по интерфейсу USB-2.0 не использовать джойстик, а подключать микроконтроллер непосредственно). Хотелось и оптимизировать конструкцию с целью её дальнейшего удешевления. В результате после испытания двух макетов была разработана описываемая ниже конструкция, основные технические характеристики которой представлены в **таблице**. Платформа структурно состоит из модуля контроллера, к которому подключены девять экранированных ёмкостных датчиков. В свою очередь, контроллер подключают к компьютеру по интерфейсу USB-2.0.

Характеристика или параметр	Значение
Датчики:	
— тип	Ёмкостный
— число активных панелей-кнопок	9
— принцип работы	Перенос заряда
— частота повторения циклов "зарядка-перенос", кГц	250
— наличие активных экранов	Есть
— максимальная дистанция обнаружения стопы человека, мм	100
Интерфейс для связи с компьютером:	
— спецификация	USB-2.0
— техническая скорость, Мбит/с	12 (Full Speed)
— тип устройства на шине	HID и CDC
— период опроса датчиков, мс	16
Число сохраняемых наборов уровней переключения	5
Номинальное напряжение питания, В	5 (от шины USB)
Потребляемый ток, мА, не более	20
Габариты, мм	950×840
Масса, кг, не более	4,5

Схема модуля контроллера представлена на **рис. 3**. Его основной элемент — микроконтроллер DD1. Тактовая частота микроконтроллера стабилизирована кварцевым резонатором ZQ1 на 8 МГц. Конденсаторы C1, C3, C5, C7, C9, C11, C13, C15, C17 — накопительные. Их ёмкость выбрана равной 10 нФ, чем при выбранных размерах ёмкостных датчиков достигнут компромисс между их чувствительностью и затратами процессорного времени на измерение их ёмкости.

На счетверённых ОУ DA1—DA3 выполнены повторители напряжения для активных экранов. Всего используется девять элементов ОУ (по числу датчиков). Резистивные делители напряжения на входах повторителей уменьшают их коэффициент передачи приблизительно на 2 %, что повышает стабильность, снижая риск самовозбуждения. Сами датчики и их экраны подключают к разъёму XP1.

Светодиод HL1 сигнализирует о наличии питания. Светодиод HL2 показывает режим работы интерфейса USB. Светодиоды HL3—HL11 отображают состояние ёмкостных датчиков и расположены на печатной плате согласно расположению датчиков на платформе. О срабатывании, например, датчика 0 сигнализирует светодиод HL3, датчика 1 — HL4 и т. д.

Кнопки SB1 (установка микроконтроллера в исходное состояние) и SB2 (активирование загрузчика) используют при загрузке программы во FLASH-память микроконтроллера DD1 по интерфейсу USB-2.0. Кнопки SB3—SB6 — органы управления платформой. С их помощью выбирают наборы порогов переключения, а также устанавливают эти пороги индивидуально для каждого ёмкостного датчика.

Конденсаторы C23—C36 — фильтрующие в цепи питания, диод VD1 защищает устройство от подачи напряжения питания в неправильной полярности.

Разъём XS1 — розетка USB-BF. К её контактам подключены интерфейсные линии USB, с неё же берут напряжение питания +5 В для всего контроллера.

На разъём XP2 выведен общий провод устройства. У меня не возникало необходимости в его использовании, но читатели, которые захотят ещё более повысить помехозащищённость платформы, могут покрыть её основание сплошным слоем металлической фольги и соединить его с разъёмом XP2, обеспечив лучшее экранирование.

Для минимизации размеров модуля контроллера в нём использованы компоненты в основном для поверхностного монтажа. В качестве DD1 можно использовать любой из микроконтроллеров AT90USB646-AU, AT90USB647-AU, AT90USB1286-AU или AT90USB1287-AU (при этом необходимо загружать в программную память каждого микроконтроллера коды из соответствующего HEX-файла).

Все резисторы — типоразмера 0805. Конденсаторы C23— C27 — оксидные танталовые 293D476X0016C2 в корпусе типоразмера D. К выбору накопительных конденсаторов C1, C3, C5, C7, C9, C11, C13, C15, C17 следует отнестись с особой тщательностью. Рекомендую применить плёночные конденсаторы K73-17A, обладающие по сравнению с керамическими лучшей температурной стабильностью, или аналогичные импортные. На печатной плате предусмотрена возможность установки этих конденсаторов различного размера. Конденсатор C37 — керамический типоразмера 1206. Все остальные конденсаторы — керамические типоразмера 0805.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dance Dance Revolution. — URL: **https://ru.wikipedia.org/wiki/Dance_Dance_Revolution** (15.05.2015).

2. Pump It Up. — URL: **https://ru.wikipedia.org/wiki/Pump_It_Up** (15.05.2015).

3. In the Groove. — URL: **https://ru.wikipedia.org/wiki/In_the_Groove** (15.05.2015).

4. iDance. — URL: **https://en.wikipedia.org/wiki/IDance** (15.05.2015).

5. StepMania. — URL: **http://www.stepmania.com/** (15.05.2015).

6. Танцующий Бегемотик. — URL: **http://www.dancinghippo.ru/** (15.05.2015).

7. The DDR homepad building and softpad modding thread. — URL: **https://zenius-i-vanisher.com/v5.2/viewthread.php?threadid=3350** (15.05.2015).

8. Home Built Dance Dance Revolution Arcade Style Metal Pad. — URL: **http://www.angelfire.com/d20/ddrhomepad/** (15.05.2015).

9. Как самому сделать танцевальную платформу для Dance Dance Revolution. — URL: **http://habrahabr.ru/post/235323/** (15.05.2015).

10. Capacitive Dance Pad — URL: **http://simon.derr.free.fr/site/spip/spip.php?rubrique3** (15.05.2015).

11. usbddr — V-USB. — URL: **http://vusb.wikidot.com/project:usbddr** (15.05.2015).

12. **Кучин А.** Танцевальный коврик с USB-интерфейсом (USB DANCE PAD). — URL: **http://www.artem.ru/cgi-bin/news?c=v&id=744** (15.05.2015).

13. 8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8535, ATmega8535L — URL: **http://www.atmel.com/images/doc2502.pdf** (15.05.2015).

14. Dedicated Touch Devices. — URL: **http://www.atmel.com/products/TouchSolutions/bsw/dedicated-touch-devices.aspx** (15.05.2015).

15. Atmel QTouch Library. — URL: **http://www.atmel.com/products/TouchSolutions/touchsoftware/atmel_qtouch_library.aspx** (15.05.2015).

16. Atmel Studio. — URL: **http://www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx** (15.05.2015).

(Окончание следует)

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 608-28-38

Сигнализатор номера включённой передачи для мотоцикла

Г. НЮХТИЛИН, г. Ковров Владимирской обл.

В статье предложен сигнализатор включённой передачи для любого мотоцикла, не имеющего его в заводской комплектации. Прибор, собранный на микроконтроллере PIC16F676, не отображает истинное положение зубчатых колёс в коробке перемены передач, а лишь реагирует на нажатия педали переключения. Но с приобретением некоторого навыка и при соответствующей регулировке ошибок не наблюдается.

Сигнализатор питают напряжением +12 В от бортовой сети мотоцикла. Он потребляет ток не более 200 мА. Заменив семиэлементный светодиодный индикатор линейкой из семи одиночных светодиодов, можно снизить потребление до 30 мА. Число отображаемых номеров передач — от двух до шести (его задают в программе микроконтроллера) плюс нейтраль. При выключении питания сигнализатор запоминает в энергонезависимой памяти микроконтроллера номер передачи, установленной к этому моменту, а при включении питания вновь отображает его.

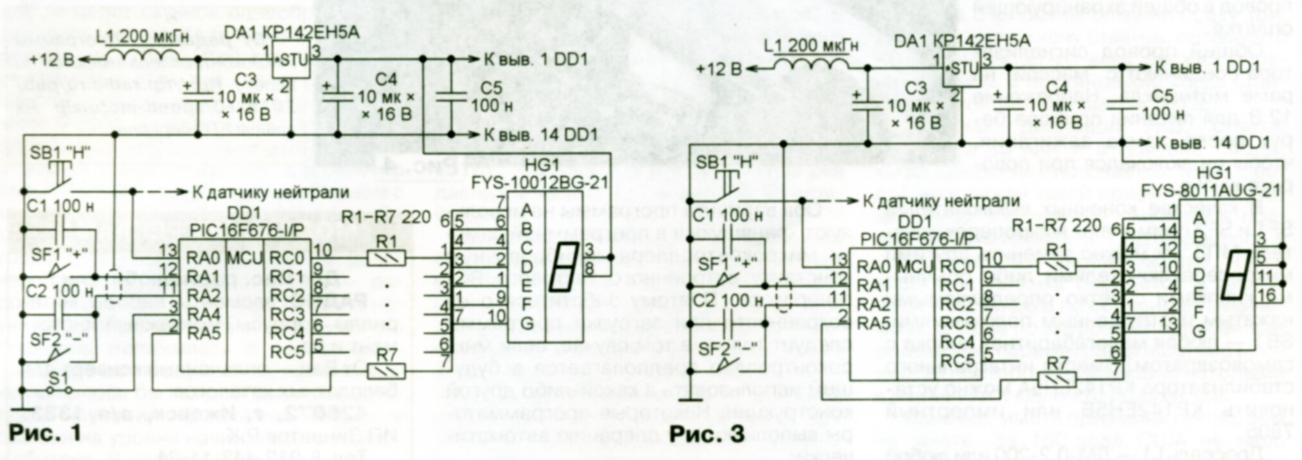


Рис. 1

Рис. 3

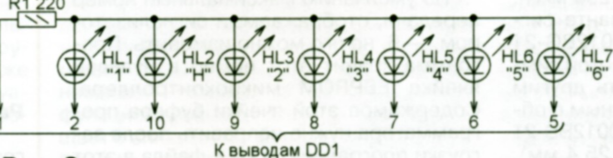


Рис. 2

В зависимости от применённого семиэлементного светодиодного индикатора (с общим анодом или с общим катодом) устройство может быть выполнено в двух вариантах. Схема варианта, оснащённого индикатором с общим анодом, показана на **рис. 1**. Резисторы R1—R7 ограничивают ток через элементы индикатора HG1. Исходя из номинального тока используемого индикатора, здесь могут быть установлены резисторы и другого номинала. Но ток через каждый из них не должен превышать допустимого тока нагрузки одного вывода порта микроконтроллера PIC16F676 (25 мА). Интегральный стабилизатор DA1 уменьшает напряжение 12 В из бортсети до 5 В, необходимых для питания микроконтроллера. Конденсаторы C1 и C2 защищают от помех входы микроконтроллера. Дроссель L1 и конденсатор C3 образуют фильтр помех по питанию. Конденсаторы C4 и C5 — блокировочные в цепи питания микроконтроллера.

При необходимости к микроконтроллеру DD1 вместо резисторов R1—R7 и семиэлементного индикатора HG1 могут быть подключены, как показано на **рис. 2**, семь отдельных светодиодов HL1—HL7 с общим ограничивающим ток резистором R1. В этом случае перемычка S1 должна быть установлена, а при работе с семиэлементным индикатором — удалена.

Схема варианта сигнализатора, оснащённого семиэлементным светодиодным индикатором с общим катодом, изображена на **рис. 3**. Она отличается от рассмотренной выше (см. рис. 1) типом индикатора и отсутствием перемычки S1. Возможность замены семиэлементного индикатора линейкой светодиодов здесь не предусмотрена.

Работают оба варианта сигнализатора одинаково. Номера передач на семиэлементном индикаторе изображаются цифрами 1—6, а "нейтраль" — буквой Н. При использовании отдельных светодиодов свечение каждого из них соответствует определённой передаче согласно рис. 2.

Каждое нажатие на конечный выключатель SF1 увеличивает номер включённой передачи на индикаторе в порядке 1—Н—2—3—4—5—6. Нажатия на конечный выключатель SF2 уменьшают показания в порядке 6—5—4—3—2—Н—1. При этом конечные выключатели могут оставаться нажатыми сколь угодно долго. Изменение номера на индикаторе происходит только при отпускании и повторном нажатии на любой из них.

Нажатие на кнопку SB1 принудительно устанавливает на индикаторе HG1 букву Н (нейтраль) или включает соответствующий нейтрали светодиод HL2. Эта кнопка нужна для устранения возможных рассогласований между показаниями сигнализатора и фактическим состоянием коробки перемены передач, которые могут возникать, например, в результате неполного нажатия на педаль (концевой выключатель сработал, а передача не переключилась, или наоборот). При наличии в мотоцикле датчика нейтрали (ДН) его подключают вместо кнопки SB1, которую в этом случае можно не устанавливать.

После подачи питания программа микроконтроллера выводит на индикатор последовательно с интервалами 0,2 с символы 1, Н, 2, 3, 4, 5, 6 и обратно, а затем сохранённый в EEPROM номер передачи, которая была установлена перед выключением сигнализатора. Если использованы одиночные светодиоды, то они зажигаются поочерёдно от HL1 до HL7 и обратно, после чего остаётся гореть светодиод, соответствующий передаче, установленной перед выключением прибора.

Ввиду простоты схемы печатная плата для описываемого устройства не разрабатывалась. Оно собрано на макетной плате. Внешний вид, компоновка и габариты устройства зависят от фантазии пользователя и применённых деталей, важно лишь, чтобы оно было помещено в экранированный корпус, соединённый с "массой" мотоцикла. Для индикатора HG1 в корпусе вырезают окно, а если используются светодиоды — для них сверлят отверстия,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 607-88-18

расположенные в линию или полуокружностью с номером передачи у каждого из них. Светодиод, означающий нейтраль, можно расположить отдельно от других, например, в центре полуокружности, и выделить его цветом свечения. Кнопку SB1 размещают в удобном месте так, чтобы предотвратить её случайное нажатие.

Конечные выключатели SF1 и SF2 надёжно крепят рядом с педалью переключения передач. В авторском варианте (**рис. 4**) на толкатели концевых выключателей нажимает закреплённая на педали дополнительная деталь — флажок из листовой стали, на который надето толстостенное полиуретановое кольцо. Выключатель SF1 должен находиться выше этого флажка, а SF2 — ниже его так, чтобы при нажатиях на педаль они срабатывали одновременно с переключением шестерён в коробке перемены передач. Весь этот узел необходимо защитить крышкой от попадания пыли и влаги.

Провода, идущие от конечных выключателей к микроконтроллеру, должны быть экранированы, чтобы исключить ложные срабатывания, вызываемые наводками от высоковольтных цепей зажигания. Можно применить и сдвоенный провод в общей экранирующей оплётке.

Общий провод сигнализатора соединяют с "массой" на раме мотоцикла. Напряжение 12 В для питания прибора берут после замка зажигания, чтобы он включался при повороте ключа.

В качестве конечных выключателей SF1 и SF2 применены микропереключатели МП3. Их можно заменить другими микропереключателями либо обычными кнопками с чётко определяемыми нажатым и отпущенным положениями. SB1 — любая малогабаритная кнопка с самовозвратом. Вместо интегрального стабилизатора КР142ЕН5А можно установить КР142ЕН5В или импортный 7805.

Дроссель L1 — ДМ-0,2-200 или любой другой индуктивностью 160...250 мкГн. Применённый в первом варианте сигнализатора индикатор FYS-10012BG-21 зелёного цвета свечения с высотой символа 25,4 мм можно заменить другим одноразрядным семиэлементным с общим анодом, например, FYS-10012BS-21 (красный, высота символа 25,4 мм), FYS-15013BS-21 (красный, высота символа 38 мм), FYS-18011BUG-21 (зелёный, высота символа 47 мм). Светодиоды HL1—HL7 — маломощные любого типа и цвета свечения. Можно даже подобрать их так, чтобы каждая передача отображалась своим цветом.

Одноразрядный индикатор FYS-8011AUG-21 во втором варианте сигнализатора — с общим катодом, зелёного цвета свечения и с высотой символа 20 мм. Его можно заменить, например, на FYS-5611AG-21 (зелёный, высота символа 14 мм), FYS-5611AS-11 (красный, высота символа 14 мм) или FYS-8011AS-21(красный, высота символа 20 мм).

Программа микроконтроллера DD1 написана на языке PICBASIC PRO, компилятор которого имеется в пакете MicroCode Studio Plus. В память микроконтроллера DD1 необходимо загрузить коды из файла Speed-OA.hex для работы с сигнализатором, собранным по схемам, изображённым на рис. 1 и рис. 2, или из файла Speed-OK.hex для сигнализатора, собранного по схеме на рис. 3.

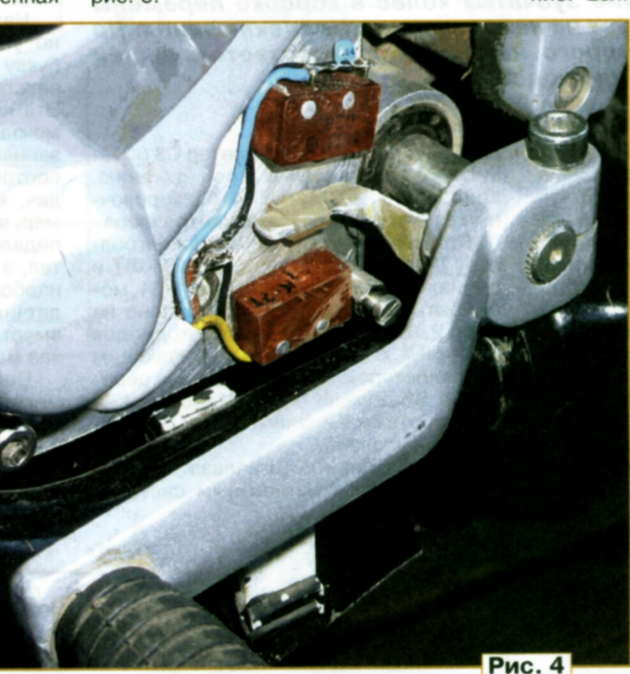


Рис. 4

Оба варианта программы не используют хранящуюся в программной памяти микроконтроллера калибровочную константу встроенного тактового RC-генератора. Поэтому заботиться о её сохранности при загрузке программы следует только в том случае, если микроконтроллер предполагается в будущем использовать в какой-либо другой конструкции. Некоторые программаторы выполняют эту операцию автоматически.

По умолчанию максимальный номер передачи, отображаемый сигнализатором, — 6, но его можно изменить. Программа хранит этот номер в нулевой ячейке EEPROM микроконтроллера. Содержимое этой ячейки буфера программатора нужно исправить после загрузки программы из HEX-файла в этот буфер, но перед тем, как подать команду "Программировать". Новое значение должно лежать в интервале от 2 до 6, иначе программа воспримет его как 6.

После изменения максимального номера передачи поведение сигнализатора изменится по сравнению с описанным выше. При подаче питания на индикатор будет выводиться последовательность номеров от 1 до заданного максимального и обратно. Номер больше максимального станет нельзя установить на индикаторе конечным выключателем SF1.

Если потребуется переставить сигнализатор на мотоцикл с другим числом передач, всегда можно повторно запрограммировать микроконтроллер, изменив лишь значение в нулевой ячейке его EEPROM. Значение в следующей (первой) ячейке EEPROM изменять не требуется. Это номер передачи, при которой сигнализатор был выключен. Программа меняет его автоматически.

Для налаживания сигнализатора нужно, прежде всего, включить зажигание. Если на мотоцикле имеется ДН, просто перевести коробку перемены скоростей в нейтральное состояние, при этом по сигналу ДН будет установлена "нейтраль" и на индикаторе сигнализатора. Если ДН отсутствует, то после перевода коробки передач в нейтральное состояние следует нажать на кнопку SB1 сигнализатора.

После этого показания сигнализатора будут соответствовать номеру включённой передачи. Возможное рассогласование устраняется автоматически при срабатывании ДН, иначе его устраняют вручную нажатием на кнопку SB1 на нейтральной передаче.

*От редакции. Программы микроконтроллера имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/10/speed-moto.zip** на нашем FTP-сервере.*

Игрушка-сувенир "Крутильный маятник"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Игрушка представляет собой крутильный маятник, совершающий периодические вынужденные вращательные колебания. Источником механической энергии является малогабаритный электродвигатель (вибровзвонок сотового телефона), управляемый электронным узлом, схема которого показана на **рис. 1**. На транзисторах VT1 и VT2 собраны ключи, поочерёдно открывающиеся и пропускающие токи разной полярности через обмотку электродвигателя M1. Управляет работой транзисторов микросхема CD4060BE (DD1), которая представляет собой 14-разрядный двоичный счётчик со встроенными элементами для построения RC-генератора. Элементы R4 и C2 задают частоту этого генератора. С помощью цепи R1C1 счётчик обнуляется при включении питающего напряжения. Диоды VD1 и VD2 — развязывающие.

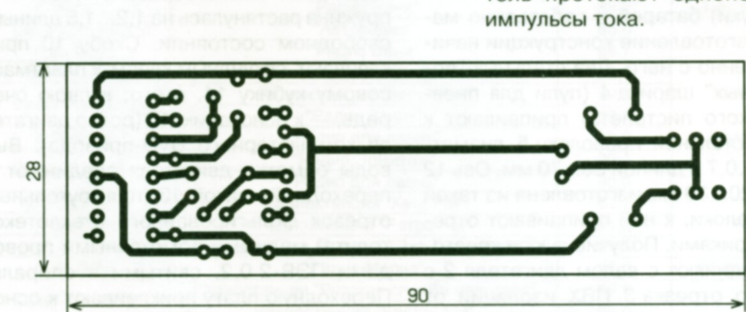
Временные диаграммы, поясняющие работу устройства, показаны на **рис. 2**. Маятник может находиться в трёх состояниях: усиление колебаний (нарастание угла поворота маятника), ослабление колебаний (плавное уменьшение угла поворота вплоть до полной остановки) и состояние покоя. Эти режимы обеспечиваются элементами R2, R3, VD1 и VD2. С выхода Q6 (вывод 4) через резисторы R2 и R3 импульсы поступают на базы транзисторов VT1 и VT2. В зависимости от состояния выходов Q9 и Q10 (выводы 13 и 15) диоды VD1 и VD2 будут блокировать прохождение этих импульсов. В состоянии покоя оба диода открыты, импульсы на базы транзисторов не поступают, и они закрыты, поэтому электродвигатель обесточен. В режиме усиления колебаний оба диода закрыты, транзисторы поочерёдно открываются и в результате через электродвигатель протекают разнополярные импульсы тока. В режиме ослабления колебаний открывается только один из транзисторов и через электродвигатель протекают однополярные импульсы тока.

К выв. 16 DD1; C1 0,1 мк; DD1 CD4060BE; CT2; R; G; IN; OUT; Q6; Q9; Q10; R1 51 к; R2 2 к; R3 2 к; VD1 1N5818; VD2 1N5818; R4* 220 к; C2 0,1 мк; R5* 27; R6* 27; VT1 КТ361В; VT2 КТ315В; M1; SB1 "Вкл."; GB1 3 В; GB2 3 В; К выв. 8 DD1

Рис. 1

Выход Q6; Выход Q9; Выход Q10; Ток через двигатель; Ослабление колебаний; Покой; Усиление колебаний; Ослабление колебаний

Рис. 2



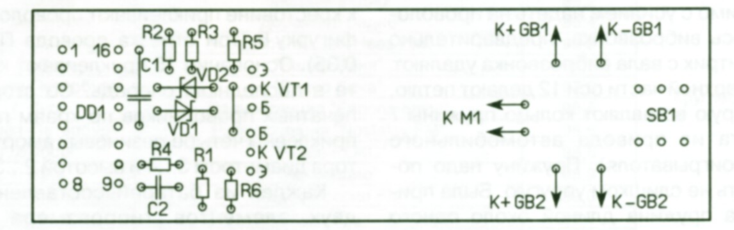


Рис. 3

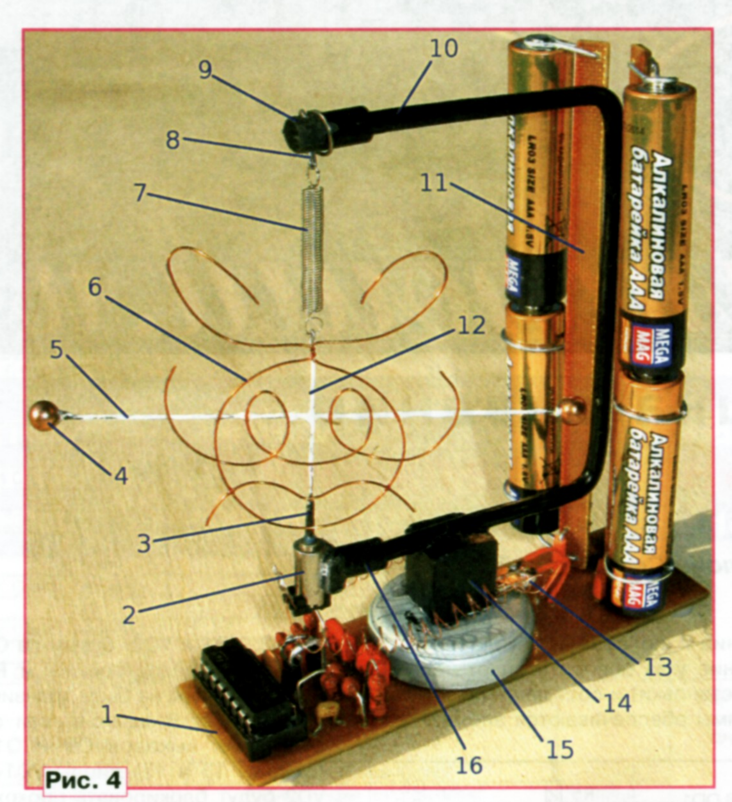


Рис. 4



Рис. 5

Большинство элементов смонтированы на односторонней печатной плате из стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 3**. Применены резисторы МЛТ, С2-23, конденсаторы — К10-17. Транзистор КТ315В можно заменить транзистором серий КТ315, КТ3102, транзистор КТ361В — транзистором серий КТ361, КТ3107, диоды 1N5818 — диодами 1N5817, 1N5819, Д310, кнопка — B170G. Микросхема установлена в панель.

Конструкцию маятника поясняет **рис. 4**. Основанием служит плата 1. На ней закреплены стойки-держатели 11 (две штуки) батарей и собственно маятник. Изготовление конструкции начинают именно с него. Два стальных "позолоченных" шарика 4 (пули для пневматического пистолета) припаивают к отрезку стальной проволоки 5 диаметром 0,5...0,7 и длиной 50...70 мм. Ось 12 длиной 20...30 мм изготовлена из такой же проволоки, к ней припаивают отрезок с шариками. Получившуюся крестовину соединяют с валом двигателя 2 с помощью отрезка 3 ПВХ изоляции от монтажного провода. Этот отрезок необходимо с усилием надеть на проволоку и ось виброзвонка, предварительно эксцентрик с вала виброзвонка удаляют.

В верхней части оси 12 делают петлю, в которую вставляют кольцо пружины 7 (изъята из привода автомобильного CD-проигрывателя). Пружину надо подобрать не слишком упругую. Была применена пружина длиной около одного сантиметра, диаметр намотки — 3 мм, проволока — диаметром 0,15 мм. Верхнее кольцо пружины крепят к отрезку проволоки 8 с петлёй. Отрезок вставляют в сквозное отверстие пластмассового стакана 9 (изготовлен из стойки крепления от корпуса бытовой РЭА) и оборачивают вокруг него. Ко второму стакану 16 приклеивают двигатель 2.

Собранную таким образом колебательную систему крепят к скобе 10 из стальной проволоки диаметром 3 мм. На её концы надевают и приклеивают стаканы 9 и 16. Расстояние между концами скобы подбирают таким образом, чтобы пружина растянулась на 1,2...1,5 длины в свободном состоянии. Скобу 10 приклеивают секундным клеем к пластмассовому кубику 14, а его, в свою очередь, — к основанию 15 (ротор двигателя компьютерного DVD-привода). Выводы обмотки двигателя соединяют с переходной платой 13 (прямоугольный отрезок фольгированного стеклотекстолита) медными обмоточными проводами ПЭВ-2 0,2, свитыми в спираль. Переходную плату приклеивают к основанию 15. Маятник готов. В заключение к крестовине приклеивают проволочную фигурку 6 (три отрезка провода ПЭВ-2 0,35). Основание 15 приклеивают к плате в последнюю очередь. Со стороны печатных проводников по краям платы приклеены четыре резиновых амортизатора диаметром 3...4 и высотой 2...3 мм.

Каждая из батарей составлена из двух элементов типоразмера AAA (**рис. 5**). Элементы крепят к плате 1 с помощью стоек-держателей 4, изготовленных из отрезков односторонне фольгированного текстолита размерами 5×95 мм. К ним припаяны стальные проволочные (от стальных канцелярских скрепок) фиксирующие петли 2, минусовые 5 и плюсовые 3 контакты. Чтобы не было короткого замыкания между плюсовыми и минусовыми контактами, в нижней части стоек-держателей фольга перерезана.

Налаживание проводят в следующем порядке. Временно отключают диоды VD1 и VD2 и подборкой резистора R4 добиваются возникновения устойчивых кручений маятника. После подключения диодов подборкой резисторов R5 и R6 добиваются устойчивой работы устройства с импульсным потребляемым током 30...45 мА.

***От редакции**. Видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находится по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/10/mayatnik2.zip** на нашем FTP-сервере.*

Охладитель напитков

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Не всем приходятся по вкусу горячие напитки, некоторые любят похолоднее. Чтобы после приготовления кофе, чая или другого напитка, требующего кипячения или варки, не ждать долго, пока напиток остынет сам, можно собрать несложное устройство, которое ускорит этот процесс (**рис. 1**). Охлаждение происходит за счёт нагнетания воздуха встроенным в его корпус вентилятором. Чашку с охлаждаемым напитком ставят на металлическую подставку, которой оснащён охладитель, и тогда воздух будет обдувать дно и боковые стенки чашки. Можно наоборот, накрыть чашку или стакан этим устройством, тогда нагнетаемый воздух будет охлаждать верхние слои жидкости и частично боковые стенки сосуда. Кроме охлаждения напитков, это устройство можно использовать для охлаждения других небольших предметов, которые сильно разогреваются в процессе работы, например, внешних жёстких дисков, источников питания, усилителей, осветительного оборудования.


Рис. 1

XP1 FU1 1 A
VD1—VD4 MBR160
~10...18 В
=12...26 В
C1 0,1 мк
VT1 2SC1740S
VT2 2SA933
C4 4700
VT4 FDD6035AL
R7 360
EL1
EL2
EL3
M1
C2 390 мк х х 35 В
C3 390 мк х х 35 В
R1 10 к
R2 47 к
VT3 2SA933
VD5 BZV55C-6V2
R3 39 к
R4 2,7 к
R5* 3,9 к
C5 470 мк х х 16 В
R6 4,7 к

Рис. 2

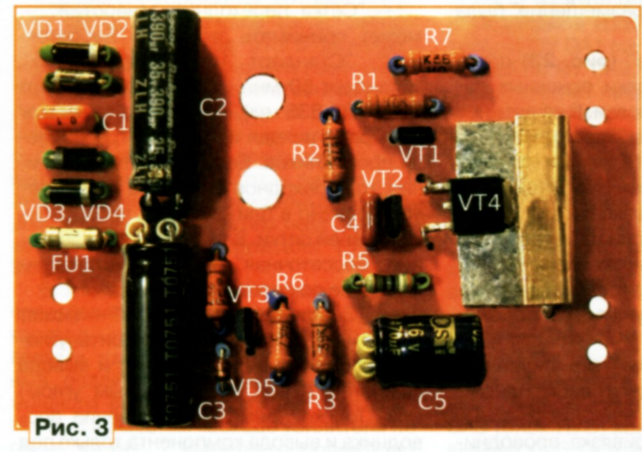
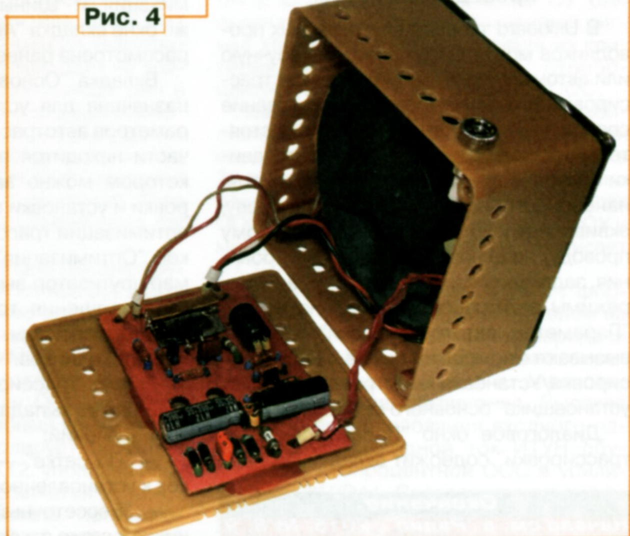


Рис. 3

Схема устройства показана на **рис. 2**. Благодаря наличию мостового выпрямителя на диодах Шотки VD1—VD4 для питания подойдёт любой источник постоянного тока напряжением 12...26 В или переменного напряжением 10...18 В с выходным током до 0,5 А. Полярность подключения напряжения питания не имеет значения. Плавкая вставка FU1 защищает устройство от перегрузки, конденсаторы C2 и C3 сглаживают пульсации выпрямленного напряжения. На транзисторах VT1—VT4 собран компенсационный стабилизатор напряжения. На затвор полевого транзистора VT4 через резистор R3 поступает открывающее напряжение, и выходное напряжение стабилизатора увеличивается. Когда оно достигнет номинального значения, открывается транзистор VT3, а вслед за ним и VT1, поэтому напряжение затвор—исток транзистора VT4 уменьшается, он закрывается и выходное напряжение прекращает рост, т. е. стабилизируется.

Транзистор VT2 включён как микромощный стабилитрон и защищает затвор полевого транзистора от пробоя высоким напряжением. Конденсатор C4 повышает устойчивость работы стабилизатора, устраняя возможное самовозбуждение. Благодаря применению в качестве регулирующего элемента полевого транзистора минимальное падение напряжения на нём не превышает 45 мВ при токе нагрузки 0,5 А. Для сравнения, в случае применения биполярно-


Рис. 4

го транзистора это напряжение было бы не менее 0,5 В, а при использовании интегрального стабилизатора КР142ЕН8 или аналогичного импортного — не менее 1,5 В. Минимальное входное постоянное напряжение, при котором стабилизатор работает нормально, — 12,8 В. Светодиоды HL1—HL3 выполняют три функции. Первая — декоративная, подсвеченный напиток в стеклянной ёмкости выглядит эффектно. Вторая — светящаяся конструкция заставляет лишний раз на себя обратить внимание, что уменьшает вероятность случайных толчков и опрокидываний. Третья — индикация наличия напряжения питания.

Большинство деталей смонтированы на плате размерами 47×73 мм (**рис. 3**), применён проводной монтаж. В качестве корпуса использована пластмассовая распределительная коробка размерами 45×85×85 мм для наружной электропроводки. Плата закреплена на её крышке (**рис. 4**). Вентилятор закрыт защитной металлической решёткой, которую крепят к корпусу винтами М4 через дополнительную пластмассовую накладку. Этими же четырьмя винтами закреплён на корпусе вентилятор. В боковых стенках и крышке корпуса просверлены отверстия диаметром 5 мм для забора воздуха, и на одной из сторон в отверстие установлено гнездо для подключения источника питания. К крышке приклеены резиновые ножки высотой несколько миллиметров.

Резисторы — любого типа общего применения, например, МЛТ, С2-23. Оксидные конденсаторы — импортные диаметром корпуса не более 9 мм, остальные — малогабаритные плёночные серии К73. Полевой транзистор FDD6035AL взят с системной платы компьютера, у него максимально допустимое напряжение исток—сток — 30 В. Транзистор припаян на латунный теплоотвод размерами 0,8×20×20 мм, рассчитанный на то, что он будет обдуваться воздухом, который всасывает вентилятор. Этот транзистор можно заменить транзисторами NDP603AL, NDB603AL, STB3020L, STP3020L, STD65NF06, STP65NF06, APM3055L, CEB603AL, CEB603AL, HUF76137P3. Взамен транзистора 2SA933 подойдут SS9015, BC558, КТ3107, КТ6112, а вместо транзистора 2SC1740S — транзисторы SS9013, SS9014, BC547, КТ3102, КТ645, КТ6111. Следует учесть, что у транзисторов может быть разная цоколёвка.

Стабилитрон BZV55C-6V2 можно заменить любым маломощным с напряжением стабилизации 5...7 В, подойдут TZMC-6V2, 1N4735A или отечественные КС162А, 2С162А, 2С111А. Диоды MBR160 можно заменить диодами MBR150, MBRS360T3, MBRD360, MBR360, SB150, SB160. При отсутствии диодов Шотки можно применить обычные кремниевые, например, 1N4002, КД243А, в случае такой замены минимальное рабочее напряжение питания увеличится на 1 В. Светодиоды применены белые сверхъяркие для поверхностного монтажа, они взяты из узла подсветки ЖК-дисплея мобильного телефона. Они приклеены к спицам вентилятора прозрачным водостойким клеем. В случае применения светодиодов от узла подсветки телефонной клавиатуры ток через них следует уменьшить до 5 мА, установив R7 сопротивлением 510 Ом.

При комнатной температуре 26 °С 150 г воды в фарфоровой чашке с помощью устройства охладились с 95 до 50 °С за 14 мин. Такая же контрольная чашка, стоящая на столе без принудительного охлаждения, остыла за 32 мин. В качестве вентилятора можно применить компьютерный вентилятор диаметром 80 мм с частотой вращения 2800...5500 мин$^{-1}$. Такие вентиляторы потребляют ток 0,25...0,45 А. Учтите, что при частоте вращения более 4000 мин$^{-1}$ вентилятор может быть весьма шумным.

Налаживание устройства заключается в установке резистором R5 на выходе стабилизатора напряжения 12 В, чем меньше сопротивление этого резистора, тем меньше напряжение. После окончания сборки и проверки работоспособности монтажную плату с двух сторон покрывают несколькими слоями лака ХВ-784. Он защитит элементы устройства от жидкости в случае опрокидывания охлаждаемой ёмкости.

Проектирование электронных устройств в программной среде NI Design Tool. Часть 3

Т. КОЛЕСНИКОВА, г. Хмельницкий, Украина

Автоматическая трассировка проводников платы

В Ultiboard трассировка печатных проводников может быть проведена вручную или автоматически. Автоматическая трассировка предусматривает использование специальных средств, которые самостоятельно прокладывают печатные проводники (участки токопроводящего покрытия, нанесённого на изоляционную основу, эквивалентного обычному монтажному проводу) на основе правил проектирования, заданных разработчиком. Установить режимы автотрассировки можно в окне "Параметры автотрассировки", которое вызывают с помощью команды "Автотрассировка/Установки автотрассировщика/установщика" основного меню Ultiboard.

Диалоговое окно "Параметры автотрассировки" содержит вкладки "Основные", "Оценочные", "Разрывы", "Оптимизация" и "Шины". Имеющаяся в этом же окне вкладка "Авторазмещение" была рассмотрена ранее.

Окончание. Начало см. в "Радио", 2015, № 8, 9

Вкладка "Основные" (**рис. 23**) предназначена для установки основных параметров автотрассировки. В её верхней части находится поле "Трассировка", в котором можно задать режим трассировки и установки сетки. Необходимость оптимизации трассировки задают флажком "Оптимизация". Если он установлен, маршрутизатор выполняет после полного завершения трассировки дополнительные проходы, улучшая расположение проводников.

Режим трассировки устанавливают, выбирая из выпадающего списка одно из трёх значений:

— "По сетке" — привязка проводников к установленной сетке;

— "Бессеточный" — привязка проводников к сетке отключена;

— "Прогрессивный" — привязка проводников к установленной сетке, но при необходимости проводники, оставшиеся неразведёнными, прокладываются в бессеточном режиме.

Выпадающий список систем единиц размеров сетки состоит из трёх пунктов: "Дюймовая", "Метрическая" и "Установленная". В последнем случае действует система единиц, установленная в проекте.

В поле "Установки автотрассировки" задают следующие параметры:

— "Сетка переходных отверстий" — может принимать значения "Бессеточная", "Стандарт 100 мил (2,54 мм)", "Стандарт 50 мил (1,27 мм)", "Стандарт 25 мил (0,635 мм)". Её оптимальный шаг выбирают исходя из режима трассировки проводников. Если сетка имеет отличия, то переходное отверстие (ПО) будет установлено в ближайшем к проводнику узле своей сетки. В случае выбора значения "Бессеточная" ПО будут устанавливаться не по сетке;

— "Соединение с выводом" — может принимать значения "Разрешить угловое" (соединение проводника и вывода компонента под произвольным углом) или "Только прямое" (соединение проводника и вывода компонента только под углом, кратным 90°);

— "Переходные отверстия под SMD компонентами" — разрешает или запре-

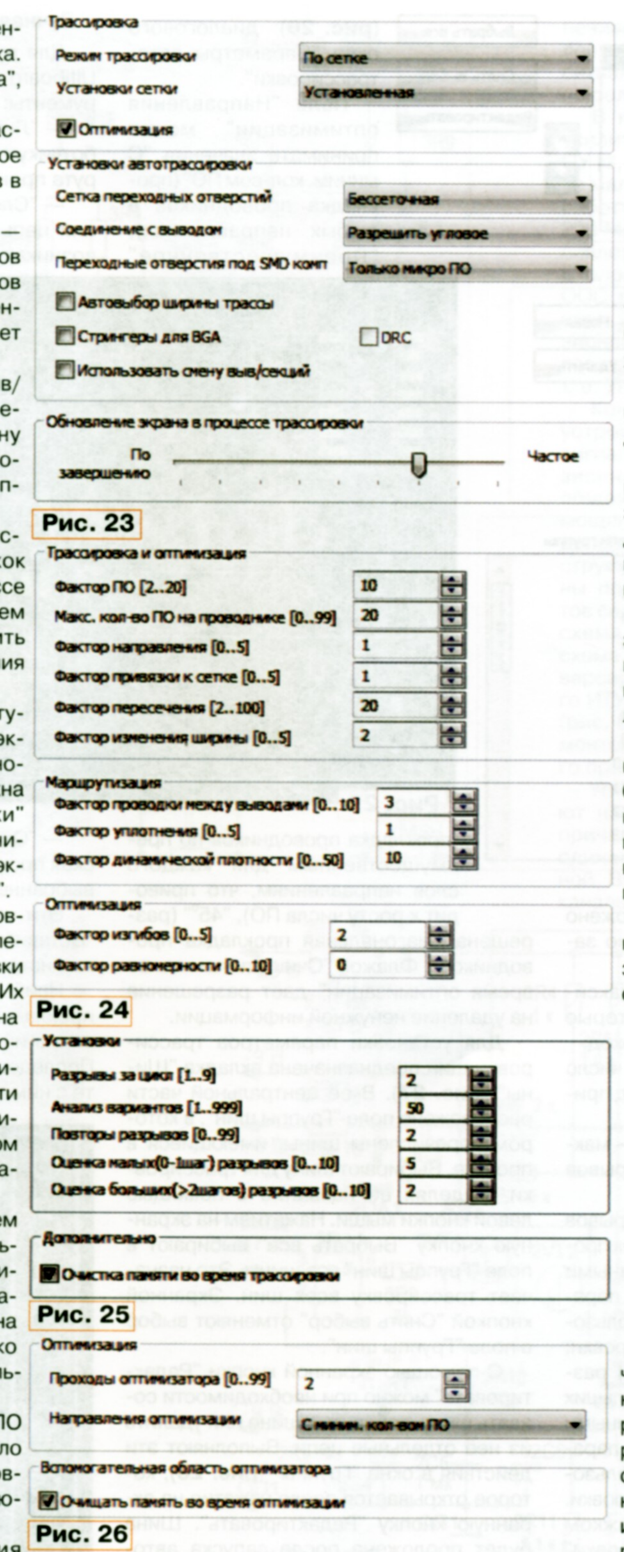


Рис. 23

Рис. 24

Рис. 25

Рис. 26

щает располагать ПО под элементами поверхностного монтажа. Может принимать значения "Да", "Нет", "Только микро ПО";

— "Автовыбор ширины трассы" — разрешает автоматическое сужение печатных проводников в узких местах;

— "Стрингеры для BGA" — разрешает установку стрингеров (коротких отрезков проводников с ПО) у каждого вывода элемента в корпусе BGA. Это упрощает автоматическую трассировку;

— "Использовать смену выв/секций" — разрешает или запрещает автоматическую замену логически эквивалентных выводов и секций микросхем для оптимальной трассировки.

В нижней части вкладки "Основные" расположен движок "Обновление экрана в процессе трассировки". Перетаскиванием его мышью можно установить желаемую скорость обновления изображения на экране.

Внесённые изменения вступают в силу при нажатии на экранную кнопку ОК. Чтобы одновременно во всех вкладках окна "Параметры автотрассировки" вернуться к начальным значениям параметров, нажимают на экранную кнопку "По умолчанию".

Для выработки автотрассировщиком стратегии прокладки печатных проводников и установки ПО служат параметры оценки. Их просматривают и редактируют на вкладке "Оценочные" диалогового окна "Параметры автотрассировки" (**рис. 24**). В верхней части вкладки находится поле "Трассировка и оптимизация", в котором можно задать следующие параметры:

— "Фактор ПО [2..20]" — чем больше его значение, тем меньшее число ПО допускается. Минимальное значение фактора даёт возможность устанавливать на проводник столько ПО, сколько задано параметром "Максимальное кол-во ПО на проводнике";

— "Максимальное кол-во ПО на проводнике [0..99]" — число ПО, которые могут быть установлены на проводнике, соединяющем два вывода компонента;

— "Фактор направления [0..5]" — уровень учёта заданных приоритетов направлений прокладки проводников на слоях платы. Чем выше значение этого фактора, тем строже учитывается приоритет, а низкие значения позволяют не всегда соблюдать его;

— "Фактор привязки к сетке [0..5]" — учитывается, если разрешено использование полусеточной привязки. Наибольшее значение разрешает отклоняться от основной сетки лишь в крайних случаях, с его уменьшением отклонения допускаются чаще;

— "Фактор пересечения [2..100]" — используется при оптимизации трассировки. При большом значении этого фактора проводник может многократно пересекать другие проводники, переходя из слоя в слой, что приводит к большому числу ПО. Низкое значение фактора уменьшает допустимое число пересечений, но значительно увеличивает продолжительность трассировки;

— "Фактор изменения ширины [0..5]" — определяет частоту использования сужений проводника, когда на вкладке "Основные" установлен флажок "Автовыбор ширины трассы". Высокое значение ограничивает частоту использования сужений.

В поле "Маршрутизация" вкладки "Оценочные" можно задать следующие параметры:

— "Фактор проводки между выводами [0..10]" — с увеличением значения всё более ограничивает допустимое число проводников, проходящих между соседними выводами элемента;

— "Фактор уплотнения [0..5]" — задаёт плотность укладки печатных проводников. Чем он больше, тем с меньшими зазорами будут расположены проводники;

— "Фактор динамической плотности [0..50]" — управляет глобальной плотностью распределения проводников на плате. Чем он выше, тем по большей доле её поверхности будут распределены проводники.

В нижней части вкладки "Оценочные" находится поле "Оптимизация", в котором можно задать следующие параметры:

— "Фактор изгибов [0..5]" — чем он больше, тем с меньшим числом изменений направления будут проложены проводники;

— "Фактор равномерности [0..10]" — с его увеличением растёт вероятность размещения проводников с одинаковым шагом.

Необходимо учитывать, что значения параметров, заданные в программе по умолчанию, считаются оптимальными. В большинстве случаев изменять их не рекомендуется. Следует иметь в виду, что даже незначительные отклонения от оптимальных значений параметров могут заметно ухудшить работу автотрассировщика. Не следует изменять более двух оценочных параметров одновременно или значительно отклоняться от рекомендованных значений. Большинство оценочных параметров взаимосвязаны и изменение одного из них может привести к необходимости корректировать и другие.

На вкладке "Разрывы" (**рис. 25**) задают параметры разрывов проводников печатной платы. Большие значения этих параметров увеличивают интенсивность применения этой операции.

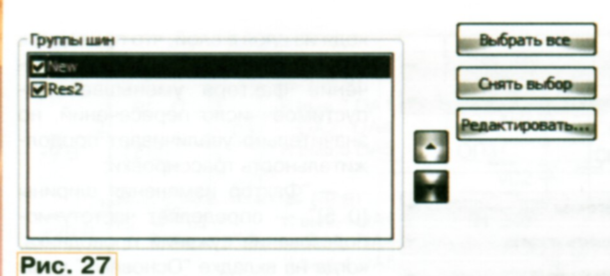


Рис. 27

Группы
New
Res2
Новая
Удалить
Цепи
Доступные цепи
Цепи группы
Добавить >
< Удалить
Добавить все >>
<< Удалить все
Добавить выбранное
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Рис. 28

В верхней части вкладки расположено поле "Установки", в котором можно задать следующие параметры:

— "Разрывы за цикл [1..9]" — максимальное число проводников, которые могут быть разорваны за один проход;

— "Анализ вариантов [1..999]" — число просматриваемых вариантов перед принятием окончательного решения;

— "Повторы разрывов [0..99]" — максимальное число повторных разрывов каждого проводника;

— "Оценка малых (0-1 шаг) разрывов [0..10]" — использование небольших промежутков, оставленных разорванными проводниками. Большее значение параметра уменьшает вероятность использования этих промежутков для трассировки;

— "Оценка больших (>2 шагов) разрывов [0..10]" — использование больших промежутков, оставленных разорванными проводниками. Большее значение параметра уменьшает вероятность использования этих промежутков для трассировки.

В поле "Дополнительно" флажком "Очистка памяти во время трассировки" можно дать разрешение на периодическую очистку памяти для удаления из неё ненужной информации.

Если оптимизация разрешена, то запускается она по завершении трассировки. Маршрутизатор делает дополнительные проходы, улучшая расположение проводников. Параметры оптимизации задают на одноименной вкладке (**рис. 26**) диалогового окна "Параметры автотрассировки".

Поле "Направления оптимизации" может принимать значения "С миним. кол-вом ПО" (прокладка проводников в любых направлениях), "Преимущественное"

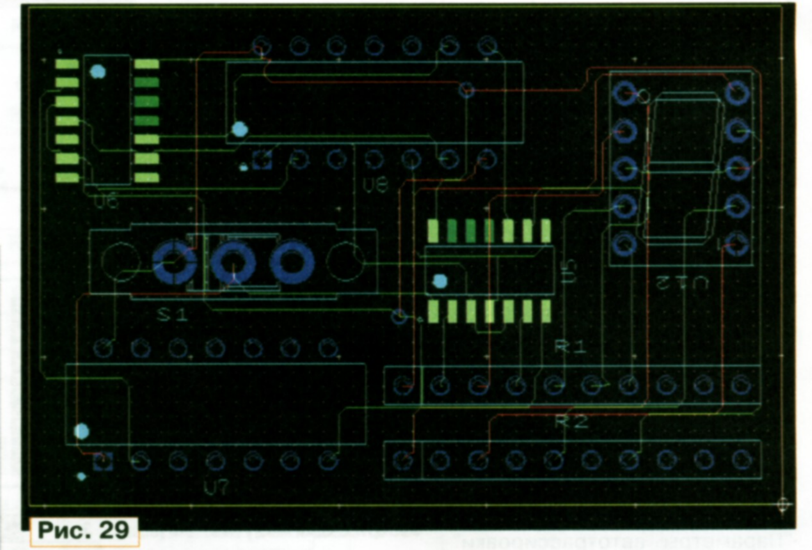


Рис. 29

(прокладка проводников по преимущественным для каждого слоя направлениям, что приводит к росту числа ПО), "45°" (разрешена диагональная прокладка проводников). Флажок "Очищать память во время оптимизации" даёт разрешение на удаление ненужной информации.

Для установки параметров трассировки шин предназначена вкладка "Шины" (**рис. 27**). В её центральной части расположено поле "Группы шин", в котором перечислены шины, имеющиеся в проекте. Выбирают шину для трассировки, выделяя её название с помощью левой кнопки мыши. Нажатием на экранную кнопку "Выбрать все" выбирают в поле "Группы шин" все шины. Это назначает трассировку всех шин. Экранной кнопкой "Снять выбор" отменяют выбор в поле "Группы шин".

С помощью экранной кнопки "Редактировать" можно при необходимости создать шину, добавить к шине или удалить из неё отдельные цепи. Выполняют эти действия в окне "Группы" (**рис. 28**), которое открывается после нажатия на экранную кнопку "Редактировать". Шина будет проложена после запуска автотрассировщика.

Запускают автоматическую трассировку командой основного меню "Автотрассировка→Запуск/просмотр автотрассировки". Пример результата автоматической трассировки представлен на **рис. 29**.

В [1] можно ознакомиться с меню управления функциями программы Ultiboard более подробно.

Ручная трассировка проводников

Для ручной трассировки программа Ultiboard предлагает следующие инструменты:

— "Линия" — предоставляет разработчику полную свободу выбора маршрута прокладываемой трассы;

— "Следуй за мной" — проводник или цепь следует за курсором, огибая возникающие препятствия;

— "От точки до точки" — автоматическая прокладка проводника между двумя выбранными контактами.

Эти инструменты доступны в пункте "Вставить" основного меню или на панели инструментов "Главная".

Наиболее простой и быстрый способ прокладки трассы вручную — использование инструмента "От точки до точки". Последовательность действий при работе с ним может быть следующей:

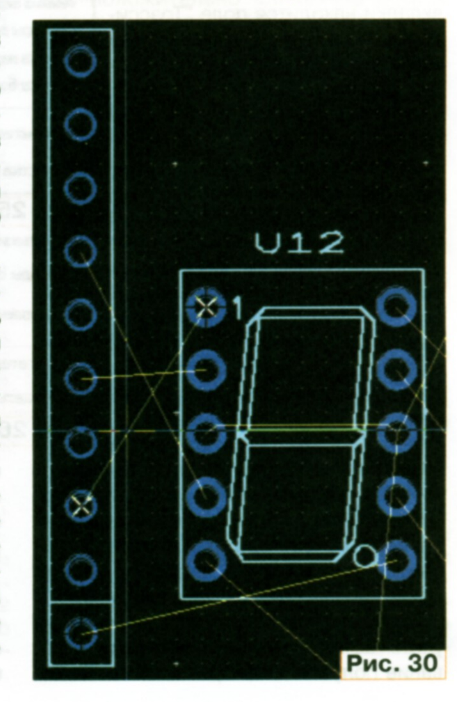


Рис. 30

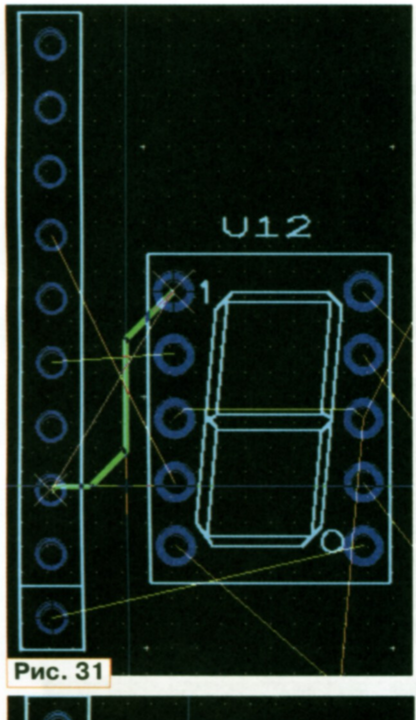


Рис. 31

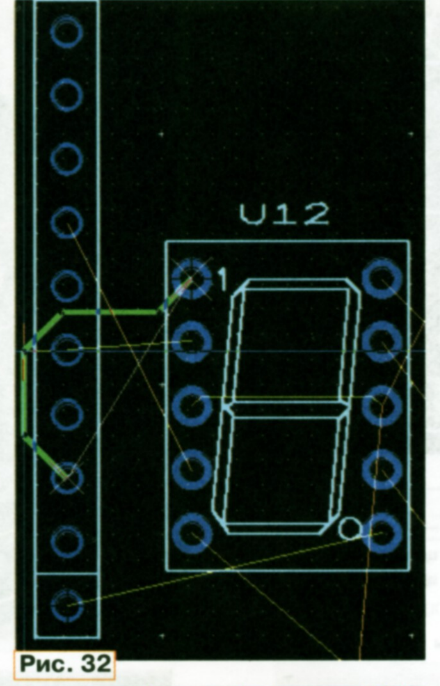


Рис. 32

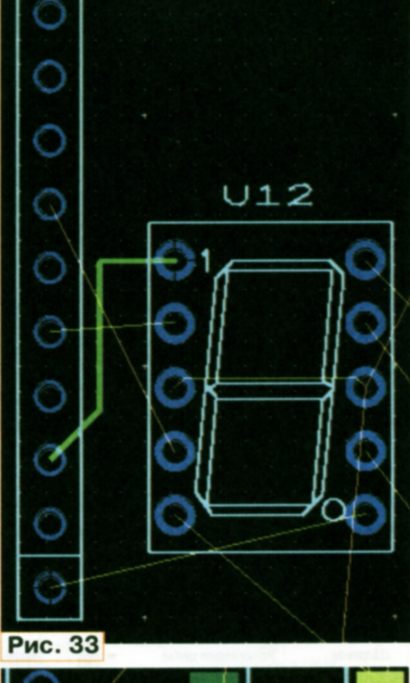


Рис. 33

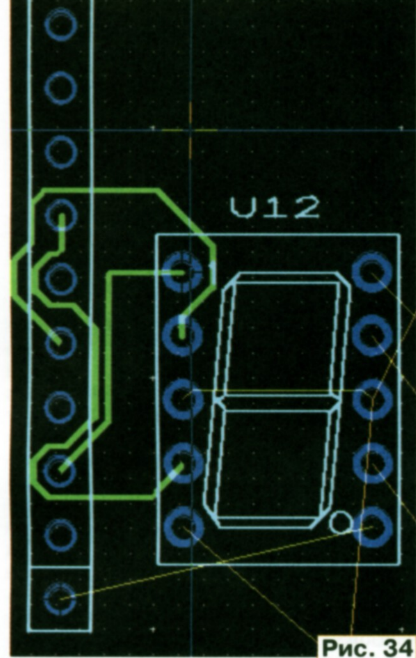


Рис. 34

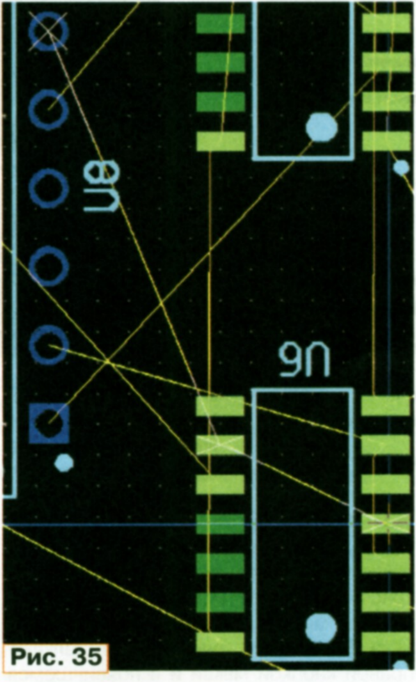


Рис. 35

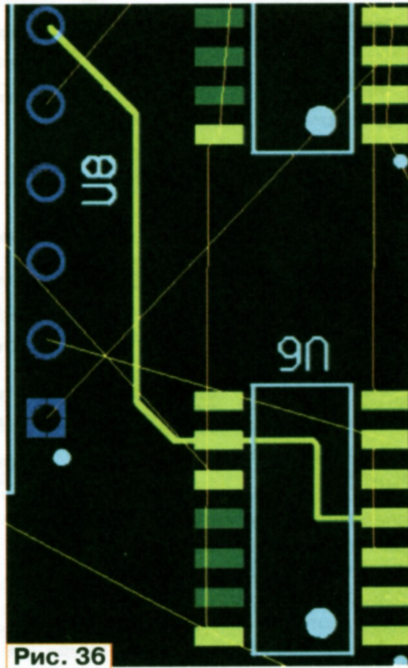


Рис. 36

1. Выбрать слой платы на панели "Панель разработки" двойным щелчком левой кнопки мыши.

2. Выбрать инструмент "От точки до точки".

3. Выбрать линию связи, которую предполагается развести, и проложить трассу. Чтобы выбрать линию связи, необходимо подвести к ней курсор (при этом контактные площадки, которые соединяет эта линия, будут отмечены крестами, как показано на **рис. 30**) и щёлкнуть по ней левой кнопкой мыши. В результате трасса будет закреплена за курсором, перемещением которого можно выбрать оптимальный маршрут. Необходимо отметить, что маршрут прокладывается автоматически, разработчику остаётся лишь выбирать наиболее удачный вариант. Чтобы закрепить трассу, необходимо щёлкнуть левой кнопкой мыши в рабочем поле. Предложенные программой варианты трассы одного и того же проводника представлены на **рис. 31—рис. 33**. По мере прокладки следующих трасс программа подбирает для них оптимальные маршруты (**рис. 34**).

4. Для завершения работы с инструментом "От точки до точки" надо нажать на клавишу "Esc" на клавиатуре компьютера.

Необходимо отметить, что инструментом "От точки до точки" нельзя соединить одновременно более двух выводов, т. е. развести сразу всю цепь. Для этого предназначен инструмент "Следуй за мной". Последовательность действий при работе с ним может быть следующей:

1. Выбрать слой платы двойным щелчком левой кнопки мыши на "Панели разработки".

2. Выбрать инструмент "Следуй за мной".

3. Выбрать цепь, которую предполагается развести, или вывод компонента этой цепи щелчком левой кнопкой мыши. Контактные площадки и переходные отверстия, входящие в выбранную цепь, будут отмечены крестами, как на **рис. 35**.



Рис. 37

Рис. 38

Рис. 39

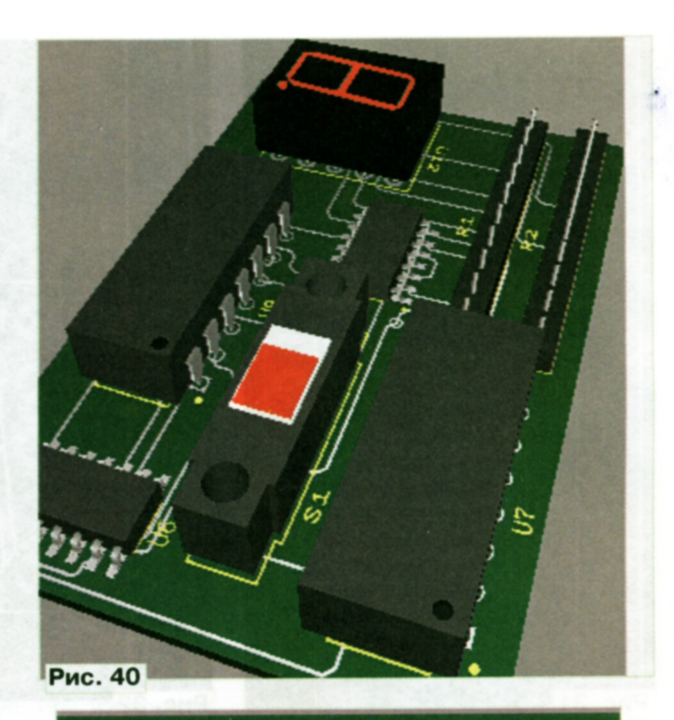


Рис. 40

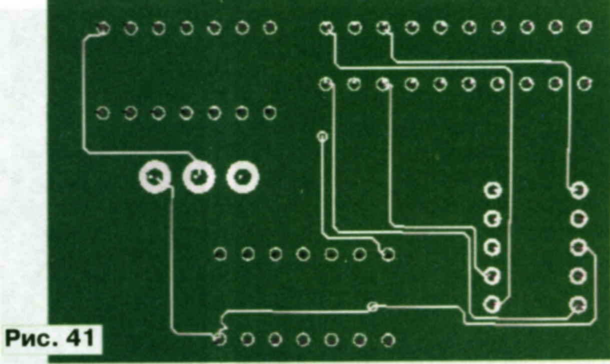


Рис. 41

Теперь трасса закреплена за курсором. Её прокладывают, передвигая курсор и щёлкая левой кнопкой мыши в местах изгиба проводника. В результате может быть выбран оптимальный маршрут (**рис. 36**).

4. Завершают работу с инструментом "Следуй за мной" вызовом с помощью правой кнопки мыши контекстного меню и выбором в нём пункта "Esc".

При использовании инструмента "Линия" ответственность за маршрут трассы полностью лежит на разработчике. При этом программа может указывать на допущенные ошибки цветными маркерами, появляющимися в местах ошибок (**рис. 37**). Последовательность действий при работе с инструментом "Линия" может быть следующей:

1. Выбрать слой платы двойным щелчком левой кнопки мыши на "Панели разработки".

2. Выбрать инструмент "Линия".

3. Выбрать начало трассы проводника и проложить её. Началом трассы служит соединённый с проводником вывод компонента, который указывают щелчком по нему левой кнопкой мыши. В результате трасса будет закреплена за курсором. Прокладывают трассу, передвигая курсор и щёлкая левой кнопкой мыши в местах изгибов проводника. В конечной точке трассы щёлкают правой кнопкой мыши и в появившемся контекстном меню выбирают пункт "Esc".

Информация о допущенных при прокладке трассы ошибках отображается на вкладке "DRC" панели "Блок информации".

Трассировку, выполненную вручную, можно оптимизировать.

Делают это, подав команду основного меню "Автотрассировка→Запустить оптимизатор". При этом проводники и переходные отверстия платы должны иметь разрешения на перемещение, которые можно дать на вкладках "Основные" (**рис. 38**) и "Переходное отверстие" (**рис. 39**) диалогового окна свойств этих элементов в поле "При автотрассировке".

Трёхмерная визуализация разработанной платы

Программа Ultiboard даёт возможность просматривать разработанную плату в трёхмерном изображении. Для этого следует выбрать в основном меню программы команду "Инструментарий→Вид 3D", в результате чего будет открыта новая вкладка "3D вид". Для получения наиболее полного представления о разработанной плате трёхмерное изображение можно поворачивать во всех плоскостях, как показано на **рис. 40** и **рис. 41**. Манипулируя курсором мыши, можно изменять угол обзора и положение платы в пространстве. Вращением колёсика мыши изменяют масштаб изображения платы.

На вкладке "3D вид" находится панель разработки, на которой имеются вкладки "Проекты" и "Слои". Управлять отображением элементов трёхмерного изображения платы (компонентов, шелкографии, проводников, платы, выводов) можно установкой и снятием соответствующих флажков на вкладке "Слои".



СПОРТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



НА ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ДИАПАЗОНАХ

RUSSIAN 160 METER CONTEST



Международные соревнования по радиосвязи на диапазоне 160 метров (RUSSIAN 160 METER CONTEST 2015) проводят совместно редакция журнала "Радио" и Top Band DX Club. Результаты подводятся раздельно по европейской и азиатской частям России (по делению диплома WAC), а также среди всех остальных участников (World). Соревнования пройдут 18 декабря с 20 по 24 UTC. Виды работы — CW и SSB.

В соревнованиях есть только смешанный зачёт (MIXED). Участники могут выступать в двух группах: один оператор и несколько операторов (один передатчик, два и более операторов). В любой момент времени станции могут излучать только один сигнал. Во всех группах возможности по изменению вида работы по времени не ограничены. Повторные связи разрешаются разными видами работы.

В соревнованиях можно использовать только открытые сети DX-оповещения и запрещается использование любых IP-сетей для организации удалённого приёма и (или) передачи, в том числе WEB-радиостанции.

Зарубежные радиолюбители передают RS(T) и порядковый номер связи, начиная с 001. Радиолюбители России передают RS(T) и идентификатор области — двухбуквенное сочетание, обозначающее область (край, республику), в которой находится радиостанция. Список условных обозначений областей страны — общепринятый.

Для радиолюбителей России: QSO со своей территорией (Россия своего континента) — 2 очка, QSO с территорией России другого континента — 5 очков, QSO с другой территорией на своём континенте — 3 очка, QSO с другим континентом — 5 очков.

Для зарубежных радиолюбителей: QSO с радиостанцией России — 10 очков (независимо от континента), QSO со своей территорией — 2 очка, QSO с другой территорией на своём континенте — 3 очка, QSO с другим континентом — 5 очков. Деление мира на территории — в соответствии со списком диплома DXCC.

Калининградская область (UA2F) засчитывается за отдельную DXCC-территорию и отдельную область для множителя, но очки за связи с радиостанциями Калининградской области начисляются как за европейскую Россию.

Множитель для всех участников определяется как число территорий мира плюс число областей России. Каждая территория и область засчитываются для множителя за всё время соревнований только один раз независимо от вида работы.

Окончательный результат получается как произведение суммы очков за связи на множитель.

Отчёты принимаются в электронном виде в формате Ермак (для российских участников) или Cabrillo (для иностранных участников). Файл электронного отчёта должен быть назван как ваш_позывной.log или ваш_позывной. cbr. Например, UA4AA.log. В теме письма должен быть указан ваш позывной. Отчёт должен быть прислан как вложение (attachment) в электронное письмо по адресу **contest@radio.ru** или загружен через WEB-интерфейс UA9QCQ.

Отчёты об участии в соревнованиях высылаются в течение двух недель после окончания соревнований (за этот год — до 3 января 2016 г. включительно).

Участники, занявшие 1-е места в группах, отмечаются организаторами соревнований памятными призами. Участники, показавшие десять лучших результатов по зачётным группам, получают памятные электронные контест-дипломы журнала "Радио".

Новости СРР



Двадцатый чемпионат 1-го района IARU по спортивной радиопеленгации прошёл в августе в Чехии.

В нём приняли участие более 300 спортсменов из 26 стран. В **таблице** приведено распределение мест среди тех команд национальных радиолюбительских организаций, спортсмены которых завоевали золотые, серебряные и бронзовые медали (командный зачёт). В этой таблице в графе "Медали" первая цифра — это общее число медалей у команды, вторая — их расклад по значимости (число золотых, серебряных и бронзовых).

Страна	Медали	
Чехия	64	22-25-17
Россия	51	20-17-14
Украина	26	8-5-13
Беларусь	8	5-2-0
Венгрия	6	3-2-1
Швейцария	3	3-0-0
Болгария	5	2-1-2
Швеция	3	2-1-0
Словакия	11	1-4-6
Германия	9	0-4-5
Польша	3	0-2-1
Литва	3	0-1-2
Норвегия	1	0-1-0
Голландия	2	0-0-2
Молдова	1	0-0-1

За отличное руководство сборной страны, занявшей в чемпионате второе место, Алла Андрюнина отмечена благодарностью Президиума СРР.



Молодёжь на ОЗЧР-2015

Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), г. Коломна Московской обл.

Очно-заочные соревнования по радиосвязи на коротких волнах, которые появились в нашей стране по инициативе редакции журнала "Радио" 35 лет назад, были естественной попыткой сделать более объективным выявление сильнейших спортсменов в этом виде радиоспорта. Первые экспериментальные всесоюзные соревнования редакция провела летом 1980 г. под Клайпедой. Они сразу пришлись по вкусу коротковолновикам страны, поскольку снимали с повестки дня проблемы, характерные для чисто заочных соревнований по радиосвязи. И через несколько лет, после экспериментов по отработке очной части таких соревнований, прошёл первый очно-заочный чемпионат СССР по радиосвязи на КВ. А в 1990 г. идея таких соревнований вышла на международный уровень — в Сиэтле, одновременно с Играми доброй воли, прошёл первый командный чемпионат мира по радиосвязи. Настоящий, очно-заочный...

Так что уже многие годы подобные соревнования неизменно притягивают к себе ведущих коротковолновиков нашей страны для определения лучших в очной борьбе в равных условиях. И если у взрослых они давно стали традиционными, то подобные соревнования молодёжи начали складываться совсем недавно.

Команды из Санкт-Петербурга — Далила (R1A-297), Оскар (RA1ANS), София (R1A-280), Олег (RD1A, руководитель) и Мария (R1A-263).



Торжественный момент — на пеньках-пьедесталах победители первенства, команды Санкт-Петербурга, Московской и Оренбургской областей.

Старт проекта "очное первенство России в спортивной дисциплине "радиосвязь на КВ — смесь" был дан молодёжным комитетом СРР и комитетом СРР по радиосвязи на КВ на Съезде СРР (он проходил в апреле). После того как стало ясно, что вскоре состоится признание новой спортивной дисциплины "радиосвязь на КВ — смесь", было принято решение о проведении таких молодёжных соревнований.

Надо иметь в виду, что, в отличие от "классических" (заочных) соревнований, они требуют решения множества организационных и технических вопросов. Было получено принципиальное согласие принимающей стороны — Алексея Малышева (RW3TN) на то, что детские команды будут приняты без оплаты стартового взноса и им бесплатно будут развёрнуты позиции (палатки, антенны, бензогенераторы), а также организована ночная охрана. За три месяца была подготовлена и транспортирована в деревню Дресвищи материальная часть (антенны, мачты, палатки, столы, стулья и пр.), хранившаяся в Москве в течение длительного времени. За подготовку "матчасти" к транспортировке огромное спасибо Леониду Радченко (RA5A) и Андрею Кирьяну (UF5F)!

Соревнования 2015 г. стали второй попыткой собрать молодёжь в Дресвищах, в окрестностях которой собираются очные участники. Первая состоялась в 2014 г. и, несомненно, была удачной — тогда вместе с взрослыми приняли участие четыре молодёжные команды. Но рост числа участников очной части соревнований радует и тревожит одновременно. Дело в том, что до предела уже заполнена база отдыха "Русский дом", на основе которой они проводятся. Сейчас молодёжный комитет и комитеты СРР по спортивной радиосвязи на КВ и УКВ рассматривают вариант организации в 2016 г. отдельных молодёжных соревнований за неделю до ОЗЧР — в рамках заочного чемпионата IARU. Причём в Дресвищах предлагается с интервалом в несколько часов проводить два первенства сразу — по радиосвязи на КВ и по радиосвязи на УКВ (на маломощных УКВ-радиостанциях).

В молодёжных соревнованиях 2015 г. приняли участие шесть команд: три — из Подмосковья, две — из Санкт-Петербурга и одна — из Оренбургской области. Лучше всех выступила вторая команда из Санкт-Петербурга, в которую входили Мария Стрекозова и София Тобикова. Ксения Емельянова и Артём Мелькин из Подмосковья (тоже вторая команда области) были вторыми, а Артём Артюшкин и Даниил Куликов из Оренбургской области вышли на третье место.

Вот что написала о своих впечатлениях Далила Хасанова (R1A-297):

"Не откладываю в долгий ящик — по дороге домой делюсь впечатлениями про ОЗЧР-2015.

Подготовку к ОЗЧР начали ещё в прошлом году. Было сформировано шесть команд. Все активно работали в молодёжных и взрослых тестах. София с Машей на зимних каникулах выезжали

на тренировку на позицию RU1A, приняли участие в чемпионате среди женщин по радиосвязи на КВ телефоном и выиграли его! Также три детские команды принимали участие в международных соревнованиях IARU HF Field Day из полевых условий. В соревнованиях "Кубок UA1DZ" наша команда с позывным RD1A заняла первое место, обогнав взрослую команду RM1M, а команда UA1F заняла третье место. Но обстоятельства сложились так, что на ОЗЧР удалось вывезти только две детские команды.

Итак, 16 июля. Нижегородская область, Сокольский район, Дресвищи, база отдыха "Русский дом". Большинство людей в футболках с позывными — мероприятие, где можно встретить живых легенд российского КВ-эфира, бывает только раз в год. В 16.00 всех зовут на открытие очно-заочного чемпионата России.

Лужайка, сцена, проверка микрофона, торжественная речь в честь открытия, гимн России и поднятие флага России. По состоявшейся жеребьёвке у всех уже определены позиции, на которых будут работать. Всего получилось 20 взрослых и 6 детских команд. У всех весёлое настроение, спортсмены приветствуют друг друга.

После открытия — брифинг и судейский семинар, а нашим спортсменам в тот день удалось искупаться в водах реки Волги и немного потренироваться на компьютерных тренажёрах.


Мария Стрекозова и София Тобикова с главным призом первенства и с неофициальным — настоящим астраханским арбузом.

17 июля. Утро. Большинство спортсменов (после завтрака) отправилось на позиции для развёртывания оборудования и тренировки. Огромное спасибо организаторам за установку и настройку антенны для детских позиций. Мачта была уже поднята, а для подъёма антенны на 40 метров внизу была заботливо привязана верёвочка, перекинутая через блок. Довольно быстро настраиваем "инвертед" и начинаем разминаться в эфире.

18 июля. Завтрак с 7 утра. Практически все уже на позициях. Лёгкая тренировка перед соревнованиями, а далее — восемь часов в эфире. Телеграф — телефон. Связь с разными странами... Очень приятно, когда тебя несколько человек вызывают провести связь, да и ещё азбукой Морзе.

Вечер. Все обмениваются впечатлениями о соревнованиях и подсчитывают, сколько всего было проведено связей. Потом запуск небесных фонариков, дискотека, угощение для наших команд от организаторов в виде блюда вкусно приготовленных лещей.

19 июля. Раннее утро. Все в предвкушении результатов. 11.00. Результаты прилеплены на одной из стен дома.

Вручение призов в виде мобильных телефонов "Lenovo A 536", а нам вручили поощрительный приз — головные телефоны Gerffins. И неофициально Астраханская область вручила приз. Как Вы думаете, что? Огромный арбуз, кстати, очень вкусный.

На базе отдыха мы обрели друзей. За это время мы все стали одной большой семьёй, расставаться не хотелось, но пришлось. Пообещали друг другу, что все приедем на следующий год и "побьём" всех."

Наша история

Первые "Почётные радисты"

В начале 1946 г. в нашей стране был учреждён значок **"Почётный радист"**. Отмечая вклад тех, кто в довоенные годы способствовал распространению радиотехнических знаний в стране и подготовке радистов, которые внесли свой вклад в Победу в Великой Отечественной войне, Министерство Вооружённых сил СССР наградило большую группу специалистов и радиолюбителей значками "Почётный радист". Вот текст этого приказа ("Радио", 1946, № 2, с. 5).

Приказом от 7 мая 1946 г. Министра Вооруженных сил Союза ССР, за заслуги в деле развития радиотехники, организации радиосвязи и подготовки кадров радистов для Красной Армии награждены значком Почетный радист:

1. Герой Советского Союза тов. Кренкель Э. Т.

2. Доктор физико-математических наук профессор Хайкин С. Э. — научно-технический редактор журналов «Радио Всем» и «Радиофронт», автор ряда популярных книг по радиотехнике.

3. Старейшие работники радиолюбительского движения и работники журналов «Радиолюбитель», «Радио Всем» и «Радиофронт» — Бурлянд В. А., Гинкин Г. Г., Кубаркин Л. В., Спижевский И. И., Троицкий Л. В., Немцов В. И.

4. Виднейшие советские коротковолновики: капитан Ветчинкин А. Н., Востряков В. Б., Стромилов Н. Н., Ходов В. В., Костанди Г. Г.

5. Радиоработники Осоавиахима — Азатян Г. С., Бобровский Н. К., Бурдейный Ф. И., Гаращенко И. Л., Емельянов М. Н., Казанский Н. В., Кислицын Ф. П., Литвинов С. В., Михалев С. И., Морозов В. М., Рогожников Е. П., Черных И. К.

"Три кита" телеграфной классики—2

Валерий ПАХОМОВ (UA3AO), г. Москва

Окончание.
Начало см. на 2-й с. обложки

В 1888 г. один из известнейших пионеров телеграфа в США Джесси Баннел разработал и начал выпуск телеграфных ключей в совершенно новом решении. Детище своё он представил как "ключ с удвоенной скоростью", который затем получил название Sideswiper.

Работа на этом ключе осуществлялась движением кисти руки в горизонтальной плоскости, а предплечье руки без малейшего напряжения лежало на столе. Это облегчало работу и практически устраняло вероятность "срыва руки" телеграфистов, которая нередко бывала у тех, кто использовал классический телеграфный ключ. Ключи эти выпускались фирмой J.H. Bunnell & Co до 1920 г. В настоящее время они являются коллекционной редкостью.



Самодельный двухсторонний ключ из ножовочного полотна.

Самое широкое применение ключи этого типа нашли на морском флоте — продолжительная работа со скоростью порядка 140...170 знаков в минуту была возможна в самых неблагоприятных условиях. Ряд известных в мире фирм вскоре освоил их выпуск.

Одной из первых публикаций в советской литературе о двухстороннем ключе была, по-видимому, статья "Виброплекс", появившаяся в журнале "Радиолюбитель" (№ 7 за 1929 г.). Автор этой статьи — Вадим Борисович Востряков. Он был профессиональным радистом и одним из первых советских радиолюбителей (пятым в СССР — его первый позывной 05RA, а после войны — UA3AM). В журнале "Радиолюбитель" он вёл раздел для коротковолновиков.

Название статьи не отражает её содержания, но это не ошибка автора. Дело в том, что к 30-м годам прошлого века телеграфисты нашей страны из иностранных ключей знали в основном ключи, входившие в комплект телеграфных аппаратов (таких, например, как "Сименс и Гальске"). А двухсторонний ключ и VIBROPLEX были у нас практически неизвестны. Автор статьи, опытнейший радист-профессионал, знал, что работа на виброплексе осуществляется движением руки в горизонтальной плоскости, а конструкция двухстороннего ключа однозначно подсказывала такой же стиль манипуляции. По этому сходству с виброплексом автор и озаглавил свою статью...

Широкий доступ к зарубежным тематическим журналам стал возможен значительно позже. Из публикаций в "QST", "CQ" и других журналах радиолюбители и узнавали о всём многообразии телеграфной техники. Узнали и об авторском названии двухстороннего ключа Double-Speed Key, которое к тому времени было укорочено до Sideswiper. Это название даже легло в основу названия неформальной группы радистов The SSN Group, использующих такие ключи.

Ключи этого типа получили в СССР признание профессионалов на морском флоте, в геологоразведке и даже в подразделениях войск связи особого назначения. Называть их у нас стали по-разному — "пила", "дрыга", "вибра"... Популярность названия "пилы" определялась ещё и её доступностью в самостоятельном изготовлении. Для этого требуется всего несколько простых деталей — обломок ножовочного полотна длиной 10...12 см, два контакта, дюралевый уголок 20×20 длиной 15...20 мм и основание для сборки из любого доступного материала.

Если виброплекс и ему подобные механические полуавтоматы называют BUG ("Жук"), то ключи типа нашей "пилы" получили название COOTIE ("Букашка").

Двухсторонний ключ в некотором смысле универсален. Его положение на столе произвольно — лишь бы оператору было удобно работать. Можно работать даже в движении, держа его в руке. Рабочие движения другой руки при этом напоминают игру на балалайке...

«ВИБРОПЛЕКС»

Показанный на рисунке новый вид телеграфного ключа, так называемый «Виброплекс» — очень распространен среди заграничных любителей, особенно американских, новозеландских, австралийских и — отчасти — европейских. У нас такие ключи впервые появились в Ленинграде и сразу завоевали симпатии многих ленинградских ОМ'ов.

Особенность этих ключей состоит в том, что работать на них приходится не сверху вниз, как на обыкновенных ключах, а в горизонтальной плоскости, где пружинящее коромысло ключа, соединенное с ручкой, поочередно касается двух контактов, помещенных справа и слева от него.

Благодаря такой конструкции, на «Виброплексе» легко работать со скоростью 150—200 знаков в минуту, в то время, как на обыкновенном ключе очень трудно дать скорость свыше 120—125 знаков. Кроме того, на «Виброплексе» знаки получаются очень ровные (хотя и короткие), очень красивые, и передача напоминает работу автоматов.



Фабричный „Виброплекс".

Публикация в журнале "Радиолюбитель" 1929 г.

В нейтральном положении ручка ключа находится между большим и указательным пальцами. Передача осуществляется движениями кисти (не пальцев!).

Желающим освоить работу на этом телеграфом ключе можно для начала посоветовать прочесть "Самоучитель передачи кода Морзе и приёма на слух для радиолюбителей". Он доступен по адресу **http://www.rkk-museum.ru/collections/pakhomov/images/150421.pdf** на сайте Радиомузея РКК в разделе "Коллекции друзей". Практический пример работы на двухстороннем ключе представлен по адресу **http://www.youtube.com/watch?v=kSwLK8QA8ys** на YouTube. ■

Портативная радиостанция на 28 МГц с АМ-модуляцией

Владимир РУБЦОВ (UN7BV), г. Астана, Казахстан

Эта радиостанция, обладая чувствительностью приёмного тракта не хуже 1 мкВ и выходной мощностью передающего не менее 100 мВт, обеспечивает дальность связи на открытой местности в несколько километров. При использовании полноценной стационарной антенны типа GP, хотя бы у одного из корреспондентов, дальность связи возрастает до 10 км. К достоинствам радиостанции также можно отнести простоту схемного решения и минимальное число моточных элементов.

Принципиальная схема радиостанции показана на **рис. 1**. Она построена по трансиверной схеме. Приёмный тракт выполнен на основе сверхрегенератора. Как известно, он обладает как рядом преимуществ — высокая чувствительность, малое число применяемых радиоэлементов, простота настройки, так и недостатков — излучение собственных сигналов в эфир, невысокая избирательность, сильная зависимость от параметров антенны (вплоть до срыва генерации и прекращения приёма).

В предлагаемой радиостанции некоторые недостатки сверхрегенератора сведены к минимуму применением предварительного усилителя высокой частоты с избирательным контуром на входе и синхронизации работы УВЧ по импульсам гашения.

Усилитель звуковой частоты радиостанции в режиме передачи выполняет функцию микрофонного усилителя, а динамическая головка BA1 работает как микрофон.

Одной из особенностей радиостанции является регулирование выходной мощности передатчика, которая зависит от положения движка подстроечного резистора R16.

В режиме приёма (RX) сигнал с антенного разъёма XW1 через секцию переключателя SA2.2 и конденсатор C1 поступает на базу транзистора VT1 усилителя радиочастоты. Штыревая антенна длиной 95 см, конденсатор C1 и последовательный резонансный контур L1C2 представляют собой входную систему контуров, обладающую достаточной селективностью и хорошим согласованием по сопротивлению, что обеспечивает высокую чувствительность при необходимой избирательности. Коллектор транзистора VT1 подключён к части контура L2C5C30, чтобы меньше его шунтировать. Смещение на базу этого транзистора подано через резистор R1 с базового делителя R3R4 транзистора VT2. А так как в этой цепи присутствуют импульсы гашения, то работа транзистора VT1 оказывается синхронизированной этими импульсами. Это значит, что он открывается в такт с транзистором VT2 — в те моменты, когда его чувствительность максимальна (в определённые периоды каждой пачки гасящего импульса). Это не только экономит электроэнергию, но и сокращает число резисторов в базовом делителе VT1. К тому же транзистор VT1 периодически (в такт с гасящими импульсами, и обратите особое внимание — это не ВЧ-колебания!) оказывается закрытым. Это благоприятно сказывается на предотвращении просачивания собственного ВЧ-сигнала сверхрегенератора в антенну через паразитные проходные ёмкости каскада, т. е. паразитные излучения уменьшаются.

Сверхрегенеративный детектор собран на транзисторе VT2 по схеме с общей базой. Каскад генерирует ВЧ-колебания рабочей частоты пачками. Частота колебаний определяется параметрами элементов контура L2C5C30, а частота гасящих колебаний — R6C7C4 (как основные) и C8R4R5C10R7C12 (тоже участвуют в этом процессе, хотя и в меньшей степени). Обратная связь, обеспечивающая генерацию на высокой частоте, образована конденсатором C6.

Частота вспомогательных колебаний должна лежать в пределах 30...50 кГц. Если она будет ниже, её трудно отделить от низкочастотного полезного сигнала, хотя чувствительность сверхрегенератора при низкой частоте и будет выше. Если же вспомогательную частоту установить выше указанного предела, она будет способна более активно просачиваться в антенну, а это лишние паразитные излучения, к тому же чувствительность сверхрегенератора будет несколько ниже. Вспомогательная частота гашения имеет форму пилы амплитудой несколько вольт, которая значительно меняется при варьировании параметров настроечных элементов. Критерий — по наибольшей чувствительности приёмника. Её можно проконтролировать осциллографом в точке соединений элементов L3, C7, R6, R7. Качество работы сверхрегенератора (чувствительность) сильно зависит от ёмкости конденсатора C6 и от рабочей точки транзистора VT2, устанавливаемой делителем в базовой цепи, т. е. от сопротивления резисторов R3 и R4.

Низкочастотный сигнал со сверхрегенеративного детектора через фильтр R7C12 и регулятор громкости R8 поступает на неинвертирующий вход ОУ DA1 (вывод 3), являющийся основным элементом усиления радиостанции по ЗЧ. Резистор R12 определяет режим работы микросхемы. Цепь обратной связи C14, R11 обеспечивает устойчивую работу усилителя, предотвращая самовозбуждение на высоких частотах. Цепь C16, R18, C20 обеспечивает необходимый коэффициент усиления в рабочем диапазоне частот (частотозадающая цепь по инвертирующему входу ОУ — выводу 2). При замыкании кнопкой SB1 входа (вывод 3) и выхода (вывод 6) ОУ DA1 через цепь C15, R13 микросхема превращается в НЧ-генератор с частотой 1 кГц на выходе, тем самым обеспечивается режим тонального вызова. С выхода ОУ сигнал в режиме приёма поступает на оконечный каскад ЗЧ, собранный на транзисторе VT3 по схеме эмиттерного повторителя. Этот каскад не даёт усиления по напряжению, но зато даёт усиление по току и хорошо согласовывает относительно высокое выходное сопротивление микросхемы с низким сопротивлением звуковой катушки динамической головки BA1. К тому же этот каскад совместно с каскадом на транзисторе VT4 входит в систему коммутации режимов "Приём" — "Передача". Переход из режима "Приём" в режим "Передача" осуществляется переключателем SA2.

В режиме "Передача" питающее напряжение снимается с УВЧ, сверхрегенератора и транзистора VT3 и подаётся на транзисторы VT4—VT6. Каскад на транзисторе VT4, включённый по схеме с общей базой, служит предварительным микрофонным усилителем, и его основная задача — обеспечить согласование низкого сопротивления головки BA1 с высоким входным сопротивлением ОУ DA1 (основного элемента усиления МУ), плюс — коммутация головки BA1, превращая её в микрофон. При этом элементы C16, R18, C20 уже "играют" свои основные роли в усилительном каскаде (разделительный конденсатор, резистор коллекторной нагрузки и блокировочный конденсатор соответственно).

Задающий генератор передатчика собран на полевом транзисторе VT5 по схеме ёмкостной трёхточки. Частотозадающий кварцевый резонатор ZQ1 включён в цепь первого затвора и работает на основной гармонике — 14,474 МГц. Конденсатор C26 обеспечивает положительную обратную связь, необходимую для возникновения и поддержания генерации. В генераторе можно использовать также резонатор на частоту 28,948 МГц или резонатор на третью гармонику — 9,6493 МГц.

Модуляция каскада осуществляется по второму затвору транзистора. С подвижного контакта подстроечного резистора R16, который служит установочным элементом амплитуды несущей (и глубины модуляции), сигнал НЧ поступает на второй затвор транзистора VT5.

Со стока транзистора ВЧ-сигнал через разделительный конденсатор C25 подаётся на оконечный усилитель мощности передатчика, собранный на транзисторе VT6. Делитель в базовой цепи на резисторах R27, R28 (сопротивление резистора R27 определяет максимум усиления каскада) устанавливает рабочую точку каскада. В цепь коллектора транзистора VT6 включён контур L4C29, настроенный на частоту 28,948 МГц. С коллектора VT6 усиленный ВЧ-сигнал поступает в антенну через согласующий (а также разделительный — предотвращает замыкание питающих цепей постоянного тока при случайном касании антенны корпусного провода) конденсатор C31. При использовании кварца на частоту 28,948 МГц этот каскад просто усиливает сигнал.

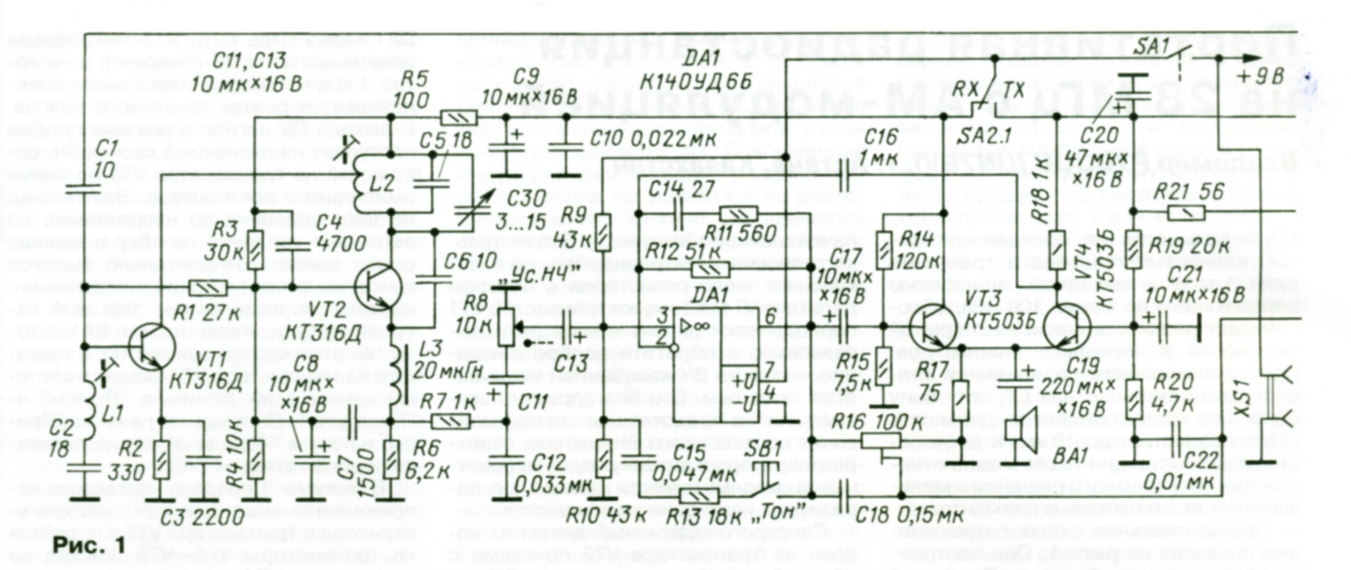


Рис. 1

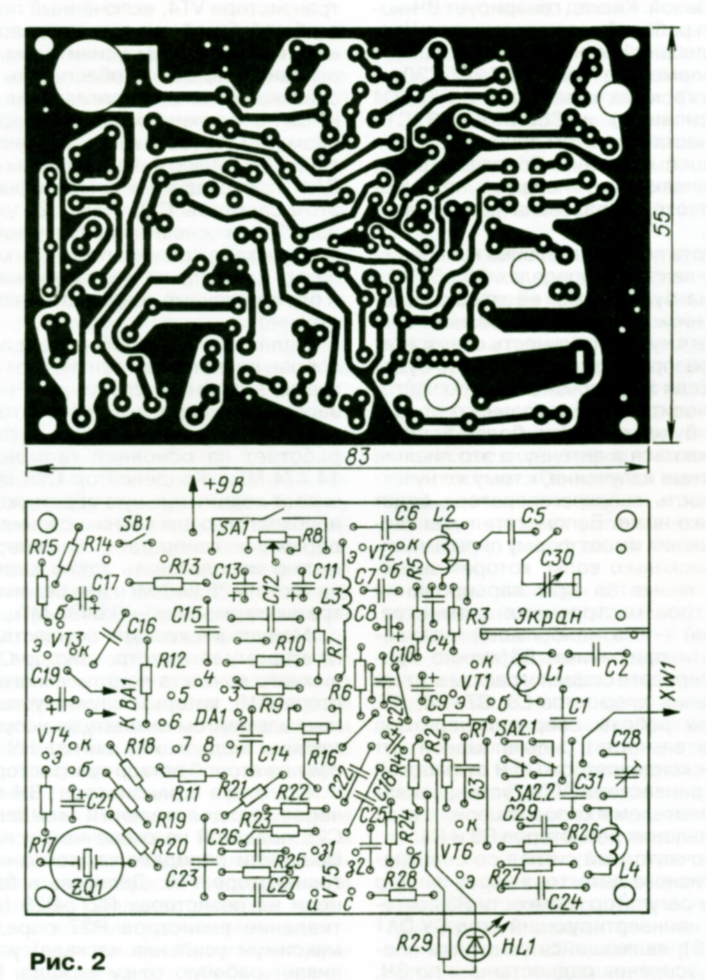


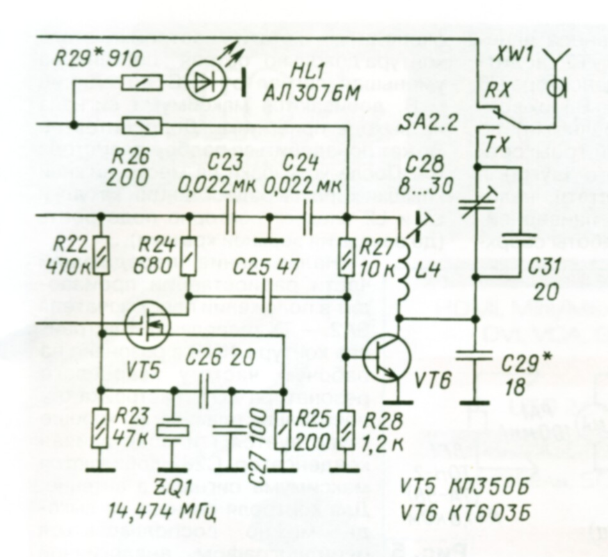
Рис. 2

При использовании третьей гармоники (сам кварц при этом работает на основной частоте — 9,649 МГц) выходной каскад преобразует третью гармонику в рабочую частоту диапазона 10 метров. При использовании второй гармоники кварца (резонатор на частоту 14,474 МГц — авторский вариант) каскад на транзисторе VT6 подпитывает только первую половину периода, вторая половина колебания происходит как затухающее колебание в нагрузочном контуре — на выходе при этом всё равно присутствует усиленный сигнал рабочей частоты 28,948 МГц. Последний вариант наиболее интересен — задающий генератор и усилитель мощности работают на разных частотах, не мешая друг другу, а усиление при этом получается выше, чем у других вышеназванных вариантов. В первом — потому что добиться наибольшего усиления не позволяет взаимное влияние каскадов, работающих на одной и той же частоте, во втором — потому, что третья гармоника всегда меньше по амплитуде, чем первая и вторая.

Радиостанция смонтирована на печатной плате размерами 83×55 мм (**рис. 2**), изготовленной из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

В конструкции использованы широко распространённые радиоэлементы. Резисторы — МЛТ, подстроечный резистор — СП3-9а (R16), переменный резистор с выключателем R8 — СП3-3б. Кварцевый резонатор ZQ1 — в малогабаритном стеклянном корпусе на любую частоту, лежащую в АМ-участке радиолюбительского диапазона 28 МГц (либо на вторую или третью гармонику для этой частоты). Транзисторы VT1, VT2 — любые маломощные высокочастотные с частотой единичного усиления выше рабочей не менее чем в три раза, транзисторы VT3, VT4 заменимы на другие типы низкочастотных транзисторов примерно такой же мощности. Транзистор КП350Б заменим на КП350А или на КП306, КП327 (с любым буквенным индексом). Вместо транзистора КТ603Б можно применить КТ608, КТ325 или КТ606 (с буквенным индексом А или Б). Постоянные конденсаторы — КД, КМ, К10-7, оксидные — импортные. Подстроечный конденсатор C28 — КПК-МП, конденсатор C30 — подстроечный с воздушным диэлектриком и выведенной наружу корпуса самодельной пластмассовой рукояткой (позволяет подстраивать частоту приёма радиостанции). Динамическая головка BA1 — телефонный капсюль ТА-56М с сопротивлением звуковой катушки 56 Ом. Хороший результат даёт применение динамической головки с сопротивлением звуковой катушки 8 Ом и мощностью 0,1...0,5 Вт.

Катушки L1, L2, L4 — однотипные, намотаны проводом ПЭЛ 0,55 виток к витку на полистироловых ребристых (можно эбонитовых, керамических) каркасах внешним диаметром 7 мм. Число



витков — 6, отвод у L2 от 4-го витка, считая от вывода, соединённого с коллектором VT2. Катушки снабжены резьбовыми подстроечниками от броневых магнитопроводов СБ-9А. Дроссель L3 — ДМ-0,4 индуктивностью 20 мкГн. Его можно изготовить самостоятельно, намотав внавал 100...200 витков провода ПЭВ-1 0,1 на резисторе МЛТ-0,5 1 МОм.

Корпус радиостанции изготовлен из дюралюминиевых пластин толщиной 1,5 и 5 мм (**рис. 3**). В корпусе имеется отдельный отсек для размещения батареи питания типа "Крона". Разъём XS1 для подключения внешнего источника питания установлен на боковой стенке. Антенный разъём XW1 — вилка СР-75-280Ф8, установлена на верхней торцевой панели корпуса. Печатная плата крепится на прямоугольные дюралевые "сухарики" с резьбовыми отверстиями М2,5, прикреплённые к стенкам корпуса. Вид внутреннего монтажа радиостанции представлен на фотографии **рис. 4**.

Полотно антенны изготовлено из стальной проволоки диаметром 2 мм и длиной 95 см, которая заточена на конце и припаяна к центральному контакту розетки разъёма. Само полотно укреплено в разъёме удлинённой цилиндрической втулкой из фторопласта.

Рис. 3

Рис. 4

Налаживание радиостанции начинают с проверки цепей питания на отсутствие короткого замыкания (отдельно в режиме передачи и отдельно в режиме приёма). Затем подключают источник питания и подбором сопротивления резистора R12 устанавливают на выходе ОУ DA1 напряжение, равное половине напряжения питания. После этого от генератора ЗЧ в точку соединения элементов R8 и C11 подают синусоидальный сигнал с частотой 1 кГц амплитудой несколько милливольт, и с помощью осциллографа проверяют отсутствие искажений синусоиды на эмиттере транзистора VT3 (а на слух и качество). При повышении уровня сигнала должно наблюдаться его симметричное ограничение сверху и снизу (типа меандр). Если ограничения проявляются несимметрично, следует подобрать сопротивление резистора R14. В процессе налаживания устройства резисторы R12 и R14 удобно заменить подстроечными чуть больших номиналов.

Далее проверяют генерацию сигнала вызова ("Тон"). Для этого замыкают контакты SB1, в телефоне или динамической головке должен быть слышен звуковой сигнал частотой около 1 кГц (частоту сигнала можно изменить подбором номиналов C15 или R13).

Налаживание сверхрегенеративного каскада на транзисторе VT2 сводится к подбору ёмкости конденсатора C6 и сопротивления резистора R3 (их временно заменяют подстроечными) по достижению максимальной громкости "суперного" шума (белого шума) в динамической головке (кстати, наличие "суперного" шума — наивернейший признак исправной работы сверхрегенератора), после чего вышеназванные детали заменяют постоянными с полученными (измеренными) параметрами. Хороший результат даёт настройка подбором резистора R4 при сопротивлении резистора R3, равном 62 кОм.

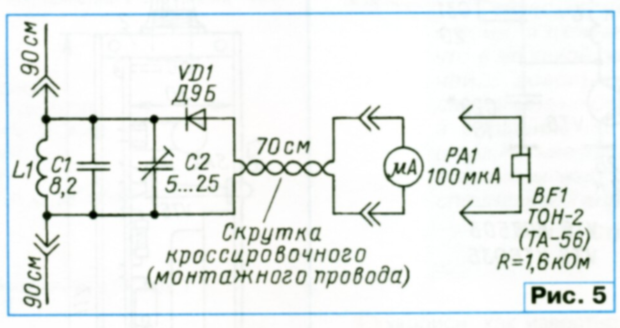


Рис. 5

На антенный вход подают сигнал от ГСС с рабочей частотой и амплитудой около 0,1 В. Подстраивая поочерёдно катушки L2 (первой) и L1 (второй по очереди) — кстати, настройка этого контура довольно "острая", постепенно уменьшая сигнал от ГСС до единиц мкВ, добиваются максимума сигнала на выходе приёмника. Дополнительно может понадобиться подбор резистора R4. После установки на место нижней крышки корпуса радиостанции катушки L1 и L2 следует повторно подстроить (до закрытия верхней крышки).

Налаживание передающей части радиостанции производят в положении переключателя SA2 — TX (передача). Настраивая контур L4C29 в резонанс на рабочую частоту кварцевого резонатора ZQ1 (настройка относительно плавная, но хорошо "чувствуется") и подстраивая конденсатор C28, добиваются максимума сигнала в антенне. Для контроля сигнала на выходе можно воспользоваться осциллографом, аналогичной уже работающей на приём радиостанцией, простейшим волномером (**рис. 5**) либо уже настроенной приёмной частью собственной радиостанции. Для этого на приёмник подают питание, движок резистора R8 выводят в верхнее по схеме положение и подключают высокоомные головные телефоны параллельно конденсатору C12.

Далее проверяют работу радиостанции в реальном эфире.



НА ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ДИАПАЗОНАХ



"Память"

Соревнования "Память" будут проходить 19 декабря с 5 до 9 UTC. Они проводятся CW и SSB на диапазонах 10—80 метров (кроме WARC-диапазонов). Зачёт только по всем диапазонам (отдельно для CW, SSB и MIXED) в пяти группах:

— радиостанции с одним оператором, работающие в память о SK;

— радиостанции с несколькими операторами, работающие в память о SK;

— все остальные радиостанции с одним оператором;

— все остальные радиостанции с несколькими операторами.

Радиостанции с одним оператором передают RS(T) и возраст оператора, а с несколькими операторами — "средний возраст" команды (сумма возрастов всех её участников, разделённая на их число). Команда должна состоять не менее чем из двух операторов. Участники соревнований, пожелавшие почтить память своих друзей или учителей, могут передавать дополнительную информацию и давать за это дополнительные очки. Можно передавать и информацию о начальнике коллективной радиостанции, не имевшем личного позывного, — через дробь после её позывного букву "U" (учитель) плюс соответствующие цифры возраста SK.

Очки начисляются в соответствии с возрастом в принятом контрольном номере. Число очков за QSO со станциями, работающими в память о коллегах, определяется суммой двух возрастов из контрольного номера. Повторные связи разрешаются на разных диапазонах, а в смешанном зачёте — и на одном, но разными видами работы.

Отчёты следует высылать по адресу: Россия, 107045, Москва, Селивёрстов пер., д. 10, стр. 1, редакция журнала "Радио". Электронные отчёты высылают по адресу **contest@radio.ru** или загружают через WEB-интерфейс UA9QCQ. Отчёты об участии в соревнованиях надо выслать до 3 января 2016 г. включительно.

Дипломы

Московское городское отделение Союза радиолюбителей России в целях привлечения внимания к памятникам истории и культуры народов Российской Федерации и популяризации любительской радиосвязи учредило диплом "Кремли России".



Чтобы получить этот диплом, соискатель должен провести двухсторонние радиосвязи (наблюдения) с любительскими радиостанциями городов, где находятся кремли, являющиеся объектами культурного наследия Российской Федерации — символами Российской государственности. В их число входят Астрахань, Вологда, Зарайск, Казань, Коломна, Москва, Нижний Новгород, Великий Новгород, Псков, Ростов (Ростов Великий Ярославской обл.), Рязань, Суздаль, Тобольск и Тула.

В зачёт на этот диплом идут QSO/SWL, проведённые любыми разрешёнными видами излучения на любых любительских диапазонах начиная с 1 января 2014 г. Всего достаточно провести QSO/SWL не менее чем с семью радиостанциями из указанных городов.

Заявку на диплом оформляют в виде выписки из аппаратного журнала и направляют отдельным файлом текстового формата Word (желательно) по адресу **award@r3a.su** дипломному менеджеру МГО СРР. В теме письма надо указать "Кремли России".

В шапке заявки на диплом приводят фамилию, имя и отчество соискателя, позывной сигнал, QTH, страну проживания, дату формирования заявки, электронный адрес, замечания, пожелания, предложения. Образец заявки приведён по адресу **www.r3a.su** на сайте МГО СРР.

После проверки заявки дипломным менеджером электронный диплом с разрешением, достаточным для качественной печати на принтере, высылают по указанному соискателем электронному адресу.

Электронный диплом выдаётся бесплатно.

Рамка для приёма на КВ

У начинающих коротковолновиков (и не только у них) возникают проблемы с установкой "всеволновой" антенны для приёма радиостанций на коротких волнах. В городских условиях хорошим решением может быть использование для этого комнатной рамочной антенны. Такие антенны производятся промышленностью и изготавливаются радиолюбителями. Обычно эти антенны имеют одну рамку, которую настраивают на частоту приёма конденсатором переменной ёмкости. Такая антенна может перекрыть по частоте примерно половину всего КВ-диапазона.

Бельгийский коротковолновик ON5FM предложил оригинальную "двухдиапазонную" рамочную антенну, которая обеспечивает радиоприём практически во всём диапазоне коротких волн — от 3 до 30 МГц. Как она выглядит в его радиолюбительском "шэке", иллюстрирует **рис. 1**. Описание конструкции этой антенны опубликовано в журнале CQ-QSO (Guy Marchal "Actieve loop antenne", № 3—4, 2015, p. 9—13).

Он удачно совместил две рамки в одной конструкции, как это показано на **рис. 2**. Рамка для высокочастотного участка КВ-диапазона представляет собой незамкнутое кольцо из алюминиевой трубки диаметром 10 мм. Диаметр этого кольца — 30 см. А вторая ("низкочастотная") рамка — это два витка изолированного провода, помещённых внутри кольца (показаны на рис. 2 красным цветом). Поскольку первая рамка — это не замкнутое кольцо, она не будет влиять на работу второй рамки и при работе на низких частотах с этой рамкой просто служит для неё электростатическим экраном.

Настройка рамок на рабочую частоту осуществляют двухсекционным конденсатором переменной ёмкости С1. Обе секции конденсатора включены параллельно. Переключение рамок производят переключателем SA1 — когда его контакты разомкнуты, работает "низкочастотная" рамка и антенна перекрывает участок примерно 3...11 МГц. Когда они замкнуты, к конденсатору переменной ёмкости подключается "высокочастотная" рамка и антенна перекрывает участок приблизительно 11...30 МГц. Эти элементы размещены в небольшой пластмассовой коробке (см. рис. 1), которая служит и для крепления рамок.

Такая антенна подразумевает использование усилителя, который обеспечивает необходимое усиление сигнала и согласование с входом приёмника (обычно его входное сопротивление — 50 Ом). Схема возможного варианта усилителя показана на **рис. 3**. Он содержит апериодический усилительный каскад на двухзатворном полевом транзисторе VT1 и выходной эмиттерный повторитель на транзисторе VT2. На выходе усилителя предусмотрена регулировка уровня сигнала (переменный резистор R6). Светодиод HL1 индицирует включение усилителя.

Рис. 1

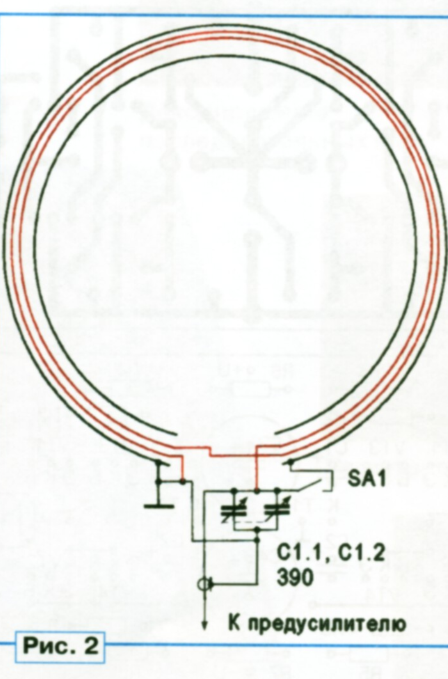


Рис. 2

Усилитель у автора был размещён в отдельной коробке и соединён с антенной коротким отрезком тонкого коаксиального кабеля. Питание усилителя он осуществлял от батареи 6F22 ("Крона") напряжением 9 В.

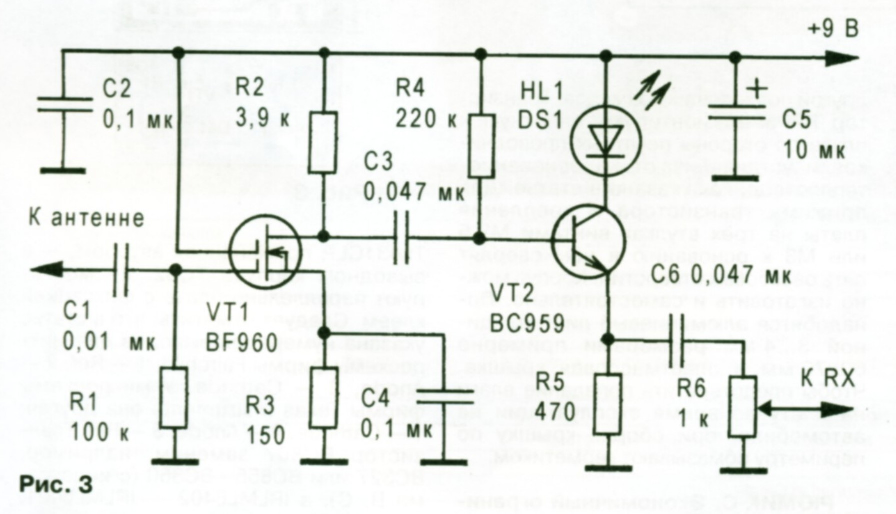


Рис. 3

Не следует забывать, что рамка такого типа (часто называемая "магнитной антенной") имеет диаграмму направленности в виде "восьмёрки", и, следовательно, у неё есть два относительно глубоких минимума, которые перпендикулярны плоскости рамок. По этой причине антенна должна быть установлена так, чтобы её можно было при необходимости вращать вокруг вертикальной оси, добиваясь максимального уровня принимаемого сигнала. Это реально в домашних условиях, поскольку размеры антенны небольшие. И наличие минимумов может быть иногда полезно. Если направления на принимаемую станцию и на помеху не совпадают, вращением антенны можно сориентировать антенну минимумом к помехе и улучшить условия приёма.

Материал подготовил
Б. СТЕПАНОВ,
г. Москва

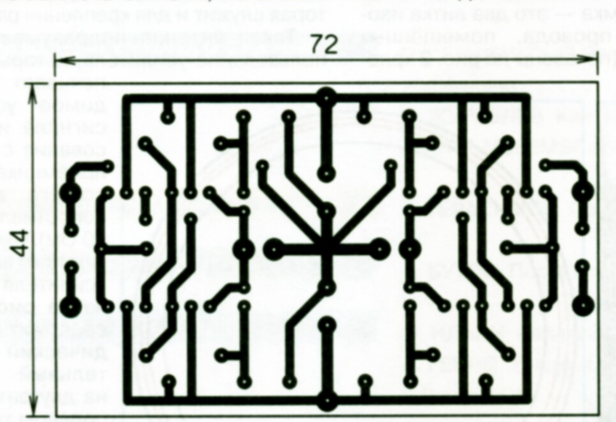
РАДИО®
ДОПОЛНЕНИЕ К НАПЕЧАТАННОМУ

E-mail: consult@radio.ru
тел. 607-89-00

САПОЖНИКОВ М. Буферный усилитель с гальванической развязкой. — Радио, 2007, № 12, с. 14.

Печатная плата

Чертёж печатной платы и расположение элементов для двухканального варианта усилителя показаны на **рис. 1**. На плате размещены все детали, кроме выключателя SA1, источника



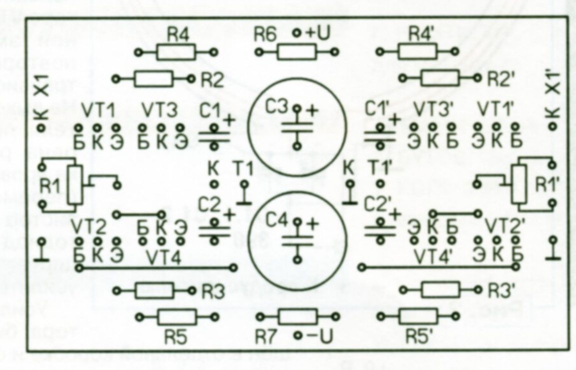


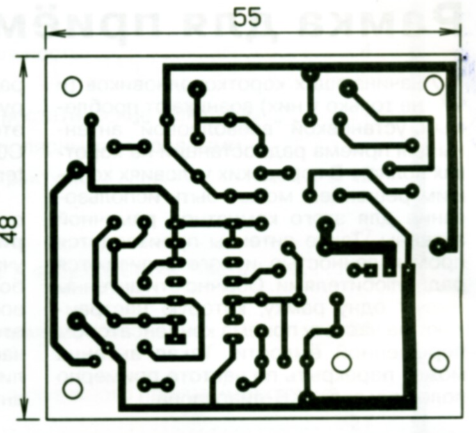
Рис. 1

питания GB1 и разделительных трансформаторов T1, T1′. Позиционные обозначения элементов второго канала повторяют обозначения первого, но помечены апострофом. Резисторы — типа С2-33, МЛТ или импортные с мощностью рассеяния 0,125 Вт. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные. Для удобства монтажа подстроечных резисторов с разными установочными размерами на плате предусмотрены две контактные площадки с отверстиями под средний вывод.

МИХЕЕВ П., ГАВРИЛЬЧУК О. Импульсный стабилизатор напряжения. — Радио, 2013, № 7, с. 44, 45.

Печатная плата

Чертёж печатной платы и расположение элементов показаны на **рис. 2**. В целях удобства разводки печатных проводников вместо элемента триггера Шмитта микросхемы DD1 с выводами 8, 9 (входы) и выводом 10 (выход) задействован элемент с выводами 12, 13 (входы) и 11 (выход). Незадействованные входы микросхемы — выводы 5, 6, 8, 9 соединены с выводом 7 (минусовым выводом питания микросхемы) согласно рекомендациям производителей. Конструктивное исполнение стабилизатора рассчитано на установку в штатный корпус реле-регулятора 121.3702 для автомобилей ВАЗ или



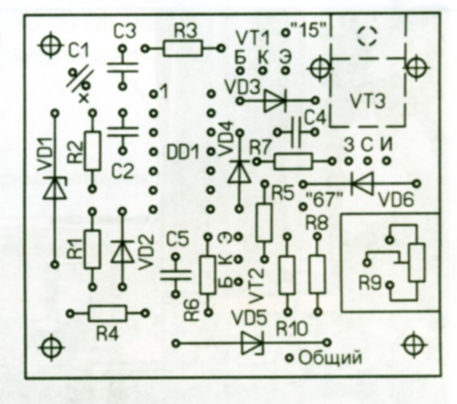


Рис. 2

другой подходящих размеров. Транзистор RFP8P08 монтируют вплотную к плате со стороны печатных проводников и устанавливают на основание-теплоотвод, как указано в статье. Для прижима транзистора и крепления платы на трёх втулках винтами М2,5 или М3 к основанию в нём сверлят пять резьбовых отверстий. Корпус можно изготовить и самостоятельно. Понадобятся алюминиевый лист толщиной 3...4 мм размерами примерно 60×70 мм и пластмассовая крышка. Чтобы предотвратить попадание влаги на плату во время эксплуатации на автомобиле, при сборке крышку по периметру обмазывают герметиком.

РЮМИК С. Экономичный ограничитель напряжения батареи. — Радио, 2006, № 11, с. 38.

Печатная плата

Чертёж печатной платы и расположение элементов показаны на **рис. 3**.

Резисторы и керамический конденсатор C1 — поверхностно монтируемые, типоразмера 1206. Микросхема DA1 —

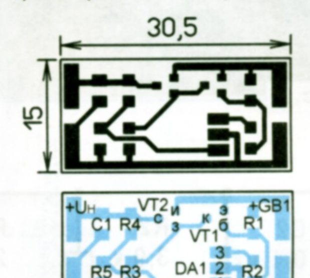


Рис. 3

TL431CLP, применённая автором, — в выводном корпусе TO92. Её монтируют параллельно плате с фиксацией клеем. Следует отметить, что в статье указана нумерация выводов для микросхемы фирмы Fairchild: 1 — Ref, 2 — Anode, 3 — Cathode. У микросхемы фирмы Texas Instruments она другая: 1 — Cathode, 2 — Anode, 3 — Ref. Транзистор BC807 заменим, например, BC327 или BC856—BC860 (с индексами B, C), а IRLML6402 — IRLML6401, IRLML2244.

***От редакции**. Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut 5.0 имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/10/ogranichitel.zip** на нашем ftp-сервере.*

Уважаемые читатели!

Продолжается подписка на бумажную версию журнала «РАДИО» на первое полугодие 2016 г.
Подписная цена одного номера журнала «РАДИО» по каталогу Агентства «Роспечать» — 150 рублей.
Подписные индексы: Каталог Агентства «Роспечать» — 70772; Объединённый каталог «Пресса России» — 89032; Каталог Российской прессы «Почта России» — 61972.

В РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА «РАДИО» МОЖНО ПРИОБРЕСТИ ЖУРНАЛЫ

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			в Россию	в остальные страны
2010	1–12	25 руб.	81 руб.	95 руб.
2011	1–12	45 руб.	101 руб.	115 руб.
2012	1–12	80 руб.	136 руб.	145 руб.
2013	1–12	95 руб.	161 руб.	170 руб.
2014	1–12	110 руб.	176 руб.	185 руб.
2015	1–6	125 руб.	191 руб.	205 руб.
2015	7–12	135 руб.	201 руб.	215 руб.

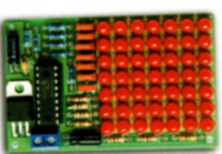
Деньги за интересующие вас журналы необходимо отправить почтовым или банковским переводом на расчётный счёт:
Получатель ЗАО "Журнал "Радио".
ИНН 7708023424,
р/с 40702810438090103159,
в ПАО Сбербанк г. Москва,
к/с 30101810400000000225,
БИК 044525225.
Только при почтовом переводе указывайте почтовый индекс банка — 101000.
При переводе обязательно укажите, за что вы переводите деньги и свой точный почтовый адрес с почтовым индексом.
После того как деньги поступят на наш расчётный счёт, мы отправим ваш заказ.

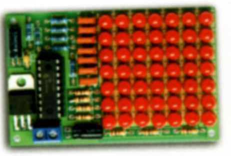
Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2015-й, 2016 годы, а также 2012-й, 2013-й, 2014 годы. Цена не изменилась: 12 месяцев — 600 рублей! На сайте http://el.radio.ru вы можете узнать как подписаться.



НАБОРЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"

http://kits.radio.ru

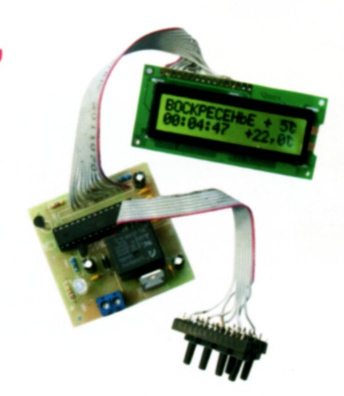




«Автомат световых эффектов на микроконтроллере».



«USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910».



«Программируемый терморегулятор для системы отопления».



«Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П».



«Блок зажигания — регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676».

«Усовершенствованное цифровое устройство защиты с функцией измерения».